



**ДОКЛАД  
О ВАЖНЕЙШИХ  
НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЯХ  
РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ  
В 2023 ГОДУ**

**Том I**

Материалы Отделений РАН  
РААСН, РАО и РАХ

МОСКВА 2024

УДК 001

ББК 72

Д 63

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ</b> .....	4
Математические науки .....	4
Физические науки .....	32
Нанотехнологии и информационные технологии .....	52
Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления .....	78
Химия и науки о материалах .....	99
Физиологические науки .....	133
Медицинские науки .....	159
Науки о Земле .....	201
Общественные науки .....	221
Глобальные проблемы и международные отношения .....	276
Историко-филологические науки .....	291
Сельскохозяйственные науки .....	304
<b>ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ РААСН, РАО, РАХ</b> .....	324
Важнейшие научные достижения в области архитектуры и строительных наук .....	324
Важнейшие научные достижения в области образования .....	358
Важнейшие научные достижения в области изобразительного искусства.....	372
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	379
<b>ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ</b> .....	379

# СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Математика, являясь фундаментальной наукой, предоставляет общие универсальные средства другим наукам, выявляя их структурную взаимосвязь и способствуя нахождению самых общих законов природы. Математические методы лежат в основе всех естественнонаучных способов познания окружающего нас мира: физики, механики, химии, биологии, наук о Земле, информатики и др. Во многих случаях математический формализм оказывается единственно возможным способом выразить физические характеристики явлений и процессов. В последнее время и многие социально-экономические и гуманитарные исследования опираются на строгие математические методы. Различные области математики, развивавшиеся в начале как чисто теоретические, привели впоследствии к революционным сдвигам в технологическом прогрессе и в научном описании нашего мира. Советская и российская математическая школа в XX-ом веке занимала лидирующие позиции практически во всех областях математики. Россия и в настоящее время сохраняет значительный потенциал, который может быть использован во многих направлениях технологического развития. Отметим следующие основные современные тенденции развития в мировой и российской математике.

В области математической логики усиливаются связи с другими областями и разделами математики, и в то же время обнаруживаются новые приложения, которые связаны с развитием искусственного интеллекта, теории баз данных и информатики в целом. Современная теория вычислимости представлена, с одной стороны, работами по колмогоровской сложности, то есть по сложности описаний, а с другой стороны – исследованиями, связанными с алгоритмической сложностью. К последним относятся такие актуальные области, как теория сложности вычислений и доказательств, теория алгоритмов, теория сложности булевых функций. Для развития этой области в последние годы характерны исследования, мотивированные современными достижениями в смежных областях: квантовые вычисления, алгоритмические вопросы, связанные с биоинформатикой, и др. В области теории доказательств активно развиваются направления, связанные с извлечением информации вычислительного характера – «майнингом» математических доказательств. При этом акцент делается на применение логических методов анализа к неконструктивным доказательствам. Большой интерес с теоретической точки зрения привлекает в последнее время так называемая гомотопическая теория типов, возникшая благодаря работам В.А. Воеводского. Также значительно увеличилось количество исследований различных типов систем построения фор-

мализованных выводов. Можно отметить, что область структурной теории доказательств, тесно связанная с теорией вычислимости и функциональными языками программирования, переживает в наше время очевидный подъем. В области приложений логики к информатике все большее место занимает модальная логика в различных ее проявлениях: для описания обмена знаниями в многоагентных системах, для верификации протоколов вычислений, в языках авторизации, в языках онтологических баз знаний (дескрипционной логике). В целом теория баз данных представляет собой одно из наиболее значительных областей приложений существующих методов математической логики.

Современная алгебра непосредственно связана с большинством областей и разделов теоретической и прикладной математики, так как она изучает естественно возникающие различные абстрактные структуры, их универсальные свойства и естественные соотношения между ними. Многие абстрактные структуры такие, например, как группы, появляются в качестве множества всех движений/симметрий различных математических и физических объектов. Среди основных разделов современной алгебры можно выделить следующие большие области, такие как теория групп, теория колец и алгебр, теория категорий и гомологическая алгебра, вычислительная алгебра и алгебраическая K-теория. Одним из популярных направлений развития в современной алгебре является геометрическая теория групп. Также в последние годы развиваются асимптотические и вероятностные методы в теории групп и связи теории групп с теорией динамических систем. Отдельную масштабную и важную область представляет собой теория так называемых групп Ли вместе с теорией их представлений и теорией инвариантов. В модулярной теории представлений редутивных алгебраических групп произошел решающий прорыв в вычислении характеров неприводимых представлений. Была разработана теория перфектоидов и бриллиантов, которая позволила перенести теорию Дринфельда на  $p$ -адические поля. В программе Ленглендса для редутивных групп над глобальными и локальными функциональными полями построены Галуа-параметры для всех автоморфных представлений.

Теория чисел всегда была одной из главных и одной из самых сложных областей математики. Среди основных разделов можно выделить такие области, как теория диофантовых уравнений, аналитическая теория чисел и алгебраическая теория чисел. За последнее время были получены новые, очень сильные результаты в теории распределения простых чисел. Были доказаны теоремы о простых числах на коротких промежутках, сравнимых по силе со следствиями гипотезы Римана, но доказательство которых опирается на её сильно ослабленный аналог, что все комплексные нули дзета-функции лежат на конечном числе вертикальных прямых. В теории непрерывных дробей получены прорывные результаты в исследованиях по проблеме Зарембы. В аддитивной комбинаторике получены практически наилучшаемые результаты в области, связанной с обобщениями классической теоремы Рота. Кроме того, доказана гипотеза Мартона в конечном поле характеристики 2. В теории случайных мультипликативных функций доказан результат, сопоставимый по силе с законом повторного логарифма для сумм независимых случайных величин. Очень активно развивается теория L-функций и L-рядов. Впервые получены оценки для модулей L-функций унитарных параболических автоморфных

представлений группы  $GL(n)$  над рациональными числами для произвольного числа  $n$ . Еще 100 лет назад казалось, что теория чисел останется такой областью математики, у которой нет и не будет никаких приложений. Однако уже сейчас без нее невозможно себе представить ни криптографию, ни теорию кодирования.

Современную математику трудно представить без такой бурно развивающейся области, как алгебраическая геометрия. Она находит свои применения в математической и теоретической физике и в других областях математики. В последние годы активное развитие происходило в таких областях, как арифметическая алгебраическая геометрия,  $p$ -адическая теория Ходжа, производная алгебраическая геометрия. Существенный прогресс достигнут в бирациональной геометрии: развитие теории квантовых когомологий и их применение к бирациональным отображениям открывает дорогу к строгому построению новых бирациональных инвариантов многомерных алгебраических многообразий. Получены новые результаты о  $K$ -стабильности разнообразных многообразий Фано, о многообразиях модулей алгебраических стэков, продолжается развитие в направлении геометрической программы Ленглендса. В последние несколько лет в арифметической алгебраической геометрии произошли революционные изменения, связанные с появлением теории перфектоидов. Данная теория позволила решить ряд давно стоящих гипотез, а также вплотную приблизиться к локальной гипотезе Ленглендса – одной из самых глубоких гипотез 20-ого века в алгебраической теории чисел. Кроме того, появилась серия работ, открывших принципиально новую перспективу исследования дзета-функций арифметических многообразий при помощи явных формул для всех старших производных. Все большие обороты набирает такое направление, как производная и некоммутативная алгебраическая геометрия, связанная с новыми подходами к алгебраическим многообразиям через описание категорий пучков на них в терминах дифференциально-градуированных алгебр и модулей, а также  $A$ -бесконечность структур. Данный подход позволяет работать с многообразиями как с алгебраическими объектами и существенно расширяет само понятие алгебраического многообразия.

Основными тенденциями в развитии собственно геометрии являются в настоящее время симплектическая геометрия, метрическая и риманова геометрия, комбинаторная геометрия, а также изучение геометрических аспектов в теории интегрируемых систем и в теории динамических систем. В самой геометрии произошли тектонические сдвиги, связанные с доказательством гипотезы Пункаре в размерности 3. После этого и в римановой геометрии были получены важные результаты. Одним из них было решение проблемы существования метрики Эйнштейна на многообразиях Фано. Оказалось, что обильности антиканонического расслоения недостаточно для существования метрики Эйнштейна: необходимо еще добавить некоторое условие стабильности, которое находится скорее в рамках алгебраической геометрии. Второй важный вопрос, исследовавшийся в римановой геометрии в течение долгого времени, связан с существованием на компактных многообразиях римановых метрик со специальной голономией. Например, долгое время был открытым вопрос о построении компактного многообразия с группой голономии  $G_2$ . В последнее время такие примеры были построены, что открыло следующую страницу в исследованиях.

Основные направления развития симплектической геометрии направлены на исследования лагранжевых подмногообразий и коизотропных бран. Новые конструкции, предлагаемые в этом направлении, обобщают стандартные методы топологической геометрии и топологии, а также известные методы из теории интегрируемых систем. Другой важной задачей, примыкающей к представленной выше, является задача построения минимальных и гамильтоново минимальных лагранжевых подмногообразий в аффинном пространстве и проективном пространстве. В маломерной топологии и симплектической геометрии одним из наиболее активно развивающихся направлений является теория гомологий Флойра. Продолжаются исследования по трехмерной топологии, включая теорию узлов, в первую очередь на основе ее связей с гиперболической, симплектической и контактной геометрией. В примыкающей к основному корпусу симплектической геометрии теории контактных структур большие продвижения связаны с построением топологических данных, различающих семейства лежандровых подмногообразий, а также введением топологий на пространстве контактоморфизмов. Популярные обобщения известных методов квантования, необходимые для физических приложений, возникают при исследовании сингулярных лагранжевых подмногообразий.

Продолжаются активные исследования в области алгебраической и геометрической топологии, включая такие области как теория гомотопий, топология многообразий с действиями групп, теория кобордизмов, проблемы алгоритмической разрешимости в топологии, теория высокосвязных многообразий, исчисление вложений Гудвилля-Вайсса. Большую роль играют исследования групп диффеоморфизмов и гомеоморфизмов многообразий и соответствующих групп классов отображений. Одной из центральных тем в этом направлении становятся вопросы гомологической стабильности таких групп. Важным прорывом последних лет стал существенный прогресс в изучении характеристических классов топологических расслоений со слоем евклидово пространство. По-прежнему в центре внимания остается теория асферических многообразий, в том числе вопросы, связанные с гипотезой Новикова о высших сигнатурах. Важным направлением на стыке алгебраической геометрии, алгебраической топологии, гиперболической геометрии, трехмерной топологии и геометрической теории групп является геометрия и топология пространств модулей комплексных кривых, включая геометрию Вейля-Петерссона. Весьма интересны исследования по комбинаторным аспектам топологии, в том числе по теории триангуляций. Одним из важных результатов последних лет в этой области стало доказательство обобщенной  $g$ -теоремы о числах граней триангуляций гомологических сфер. В последние годы активно развиваются методы вычислительной топологии, лежащие в основе топологического анализа данных. Существенное место в этом процессе занимает поиск прикладных задач, к которым эти методы могут быть эффективно применены. Такие задачи определяют дальнейшее развитие топологического анализа данных, прежде всего теории персистентных гомологий. В дифференциальной геометрии последнее время большую роль стали играть новые аналитические методы. Здесь активно исследуются и изучаются как спектральные проблемы на римановых многообразиях, так и различные задачи распространения волн в анизотропных средах, обобщенные на произвольные римановы многообразия, т.е. вопросы, по-

граничные для геометрии, уравнений в частных производных, функционального анализа, теории обратных задач. В последние несколько лет активно исследовался вопрос об интегрируемости бильярда Биркгофа в выпуклых областях на поверхностях постоянной кривизны.

Интенсивные исследования велись на стыке нескольких современных областей математики: функционального анализа, геометрии, стохастического анализа, теории уравнений с частными производными, теории экстремальных задач и математической физики. Развивались анализ и геометрия на бесконечномерных пространствах и многообразиях, в том числе на многообразиях мер с метриками типа Канторовича и Прохорова и связанными с ними топологиями. Значительный прогресс был достигнут в изучении нелинейных функционально-дифференциальных неравенств, включая неравенства Соболева и их обобщения (типа логарифмических неравенств Соболева), в теории оптимальных транспортировок, выросшей из задач Монжа–Канторовича. Важное направление исследований – теория пространств Соболева и Бесова на довольно общих пространствах с мерами. Это направление развивалось также в связи с потребностями современного стохастического анализа. Основные приложения указанных исследований связаны с экономикой, в том числе с задачами оптимального распределения ресурсов, управления транспортными потоками и финансовой математики, а также с математической физикой.

В области теории функций и теории приближений продолжают интенсивно изучаться свойства классических и современных систем представления и приближения таких функций, как алгебраические, тригонометрические и ортогональные полиномы и ряды, всплески, сплайны, рациональные дроби, орторекурсивные разложения и другие в одномерном и многомерном случаях. Исследовались также задачи приближения неограниченных операторов ограниченными; задачи наилучшего приближения конкретных функций и классов функций, имеющих важное значение в теории и приложениях; экстремальные задачи для полиномов и целых функций в классических и неклассических функциональных пространствах.

В области комплексного анализа одним из центральных направлений является теория приближений, в которой используются современные варианты теории потенциала на римановых поверхностях. Значительное внимание уделяется функционально-аналитическим свойствам пространств голоморфных функций и операторов в них. Ряд исследований мотивирован задачами математической физики, в частности, развитие теории функций на пространствах Тейхмюллера и их бесконечномерных обобщениях. Методы комплексного анализа применяются также при решении геометрических задач, в том числе в теории узлов и зацеплений.

В теории динамических систем активно развиваются такие направления, как математическая теория оптимального управления и теория дифференциальных игр. Актуальной тематикой здесь является разработка методов решения задач управления и динамического обращения для нелинейных систем в различных постановках: в условиях конфликта и неопределенности, неполной и быстроменяющейся информации; при геометрических и интегральных ограничениях на управляющие параметры, фазовых ограничениях на траектории; с запаздывающим аргументом и распределенными параметрами; при наличии детерминированных и стохастических переменных; с конечным и бесконечным временным

горизонтом. В этом направлении развиваются методы конструирования множеств достижимости, алгоритмы построения функций цены задач оптимального управления как обобщенных (минимаксных, вязкостных) решений уравнений Гамильтона–Якоби, методы синтеза оптимальных стратегий управления, модификации принципа максимума Л.С. Понтрягина, метода экстремального прицеливания Н.Н. Красовского, методы управления с прогнозирующими моделями, алгоритмы построения регуляторов на основе решения алгебраических и дифференциальных уравнений Риккати. В связи с задачами управления мультиагентными системами, задачами моделирования поведения социума и исследованием моделей распространения информации в социальных сетях активно развивается теория кооперативных динамических игр и теория игр среднего поля. Разрабатываемые алгоритмы и вычислительные процедуры построения множеств достижимости, стратегий управления, равновесных и оптимальных траекторий ориентированы на решение задач механики, робототехники, транспортных систем и навигации, информационно-телекоммуникационных систем, медицины, экономики и экологии с использованием методов суперкомпьютерных технологий и искусственного интеллекта.

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

Современная физика, как и в прежние времена, продолжает оставаться источником трудных и актуальных математических задач. Так, например, вопрос о глобальном существовании гладких решений трехмерной системы Навье–Стокса является на сегодняшний день одной из центральных проблем современной теории дифференциальных уравнений в частных производных. Многие исследования концентрируются вокруг этой проблемы. Эти системы уравнений лежат в основе газодинамических и гидродинамических моделей, имеющих широкое поле практического использования, включающее в себя безопасность ядерной энергетики, управляемый термоядерный синтез, создание гиперзвуковых летательных аппаратов и вплоть до космологических задач взаимодействия черных дыр и возникновения гравитационных волн. Серьезный прогресс в последние годы наблюдается и в областях, лежащих на стыке этой теории с геометрией, топологией, теорией случайных процессов. В частности, активно развиваются новые методы исследования уравнений на комплексных многообразиях и на многообразиях с особенностями, спектральная геометрия вырожденных метрик и клеточных комплексов, общая теория дифференциальных операторов.

В современной математической физике используются идеи и методы, развиваемые в различных (в том числе самых абстрактных) разделах математики. Эта область традиционно служит источником задач и теорий, некоторые из которых занимают центральное место в математике. В частности, в последние годы активно

развиваются направления, связанные с топологическими квантовыми теориями поля, теорией геометрического квантования и лагранжевой геометрией, описанием особенностей решений нелинейных моделей (в частности, гравитационных и теоретико-полевых), проблемой массы в теориях Янга–Миллса, исследованием эволюции квантовых и классических систем при наличии сингулярностей, изучением геометрических свойств моделей фундаментальных взаимодействий. В последние десятилетия математическая физика бурно развивается. Благодаря этому развитию обнаруживаются новые связи между математическими теориями.

Современные тенденции в теории вероятностей характеризуются широким применением вероятностных подходов, методов, моделей в математических структурах разнообразной природы, возникающих в других разделах математики: от алгебры, геометрии, теории представлений и анализа до теории чисел, комбинаторики и теории алгоритмов. Из основных направлений следует отметить предельные теоремы, включая теорию больших и малых уклонений; стохастический анализ и стохастическую оптимизацию; исследования распределений и процессов на алгебраических структурах, сложных стохастических систем, эволюционирующих в случайных средах, с приложениями в экономике, биологии и социальных науках; стохастическую геометрию. На переднем крае находятся исследования случайных матриц, графов, феномена перколяции и фазовых переходов с приложениями в статистической физике и информатике; некоммутативная теория вероятностей с приложениями в квантовой информатике и статистической механике.

В современном развитии математической статистики большую роль играют исследования асимптотических и неасимптотических задач в теории случайных матриц; предельные теоремы в статистических моделях большой размерности; анализ больших массивов данных; статистические основания теории машинного обучения. Осуществляется разработка новых эффективных процедур регрессионного анализа, методов статистической обработки данных в биологических и медицинских исследованиях, комбинированных теоретико-вероятностных, аналитических и имитационных методов исследования многомасштабных и гибридных математических моделей сложных систем, коммуникационных сетей и систем массового обслуживания.

Высокопроизводительные вычисления и большие данные. Успех высокопроизводительных вычислений связан с двумя факторами. Во-первых, с наличием систем высокой и сверхвысокой производительности. Во-вторых, с наличием алгоритмов и математического обеспечения, адаптированных к архитектуре систем с экстремальным параллелизмом и позволяющих в полной мере использовать возможности этой вычислительной техники. Важным компонентом успеха является подготовка кадров, владеющих современными высокопроизводительными технологиями и умеющих их применять для решения актуальных научно-технических проблем.

Высокопроизводительные вычисления оказывают значительную, а во многих случаях решающую роль практически во всех сферах научной, технической, социальной и управленческой деятельности, включая обработку больших данных и применения методологии искусственного интеллекта.

Успешное развитие суперкомпьютерных технологий является важным фактором национальной безопасности Российской Федерации и включает в себя не только потребности оборонных отраслей, но оказывается также необходимым компонентом вхождения страны в шестой технологический этап.

С 2013 г. по 2023 г. пиковая производительность самой мощной вычислительной системы увеличилась в 30 раз с 55 Пфлопс (система Tianhe-2 (MilkyWay-2), Китай) до 1 686 Пфлопс (система Frontier, США). Суммарная пиковая производительность суперкомпьютеров в рейтинге Top500 за это же время возросла в 30 раз. На регулярное обновление высокопроизводительной вычислительной техники в суперкомпьютерных центрах США, КНР, Японии и Евросоюза выделяются средства по государственным программам.

Самые мощные вычислительные системы – у США, Японии и Китая. Возглавляют список американские суперкомпьютеры: преодолевшие экзафлопсный барьер, Frontier пиковой производительностью 1680 Пфлопс, и Aurora (1059 Пфлопс), затем Eagle (846 Пфлопс). На четвертом месте, запущенная в Японии в 2020 году «Фуугаку», её пиковая производительность – 537 петафлопс, далее финская с производительностью 380 Пфлопс, следом – итальянская. Китай представлен более чем ста машинами с производительностью от 125-ти до 4-х Пфлопс. Однако известно, что в Китае есть как минимум два суперкомпьютера экзафлопсной производительности – Sunway TaihuLight в Национальном суперкомпьютерном центре (NSC) в Уси и Tianhe-3 в NSC в Тяньцзине.

Наш ориентированный на выполнение научных исследований суперкомпьютер «Ломоносов» в МГУ – 5 петафлопс (петафлопс – единица, используемая для измерения вычислительной мощности; обозначает 1015 операций с плавающей запятой в секунду) находится в четвертой сотне суперкомпьютеров мира. Другие системы в России представляют коммерческий сектор. Это пять суперкомпьютеров Сбербанка производительностью от 29 (занимающий 36-е место суперкомпьютер Червоненкис) до 3 Петафлопс и входящий в пятую сотню MTS GROM.

Для развития данного направления в соответствии с существующими тенденциями необходимо создать государственную программу, включающую в себя оснащение в ближайшие годы ведущих научных центров страны вычислительной техникой сверхвысокой производительности. Необходимо также создать федеральную программу по созданию алгоритмов и математического обеспечения для существующих и перспективных систем высокой производительности, включая квантовые вычисления. Среди основных направлений федеральной программы можно указать: высокопроизводительные вычисления в области создания новых материалов и новых производственных технологий; высокопроизводительные вычисления в области биомедицины, живых систем и высокотехнологичного здравоохранения; высокопроизводительные вычисления в области экологии, климата и ресурсосберегающей энергетики, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья; разработку суперкомпьютерных и GRID технологий, в том числе алгоритмов, математического обеспечения и моделей для систем с экстремально параллелизмом.

К числу фундаментальных научных проблем, которые в настоящее время решаются в России в области высокопроизводительных вычислений, следует отнести:

– организацию энергоэффективных высокопроизводительных вычислений, которые требуются для повышения производительности суперкомпьютеров при возрастающих ограничениях по потребляемой электрической энергии (мощности) («НИЦ СЭ и НК», ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, МСЦ РАН);

– создание компьютеров на основе новых принципов вычислений, в том числе квантовых компьютеров, потоковых вычислительных систем и иных систем с нетрадиционной архитектурой, ввиду того что достигнутые пределы роста тактовых частот микропроцессоров приводят к необходимости поиска новых принципов построения вычислительных систем и организации вычислительного процесса (МГУ им. М.В. Ломоносова, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, МСЦ РАН, «НИЦ СЭ и НК», ИПУ им. В.А. Трапезникова);

– применение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, в частности, в задачах математического моделирования, в оптимизационных задачах, в задачах организации процессов вычислений, в области создания сильного искусственного интеллекта с учетом принципов доверенного искусственного интеллекта (ИСП им. В.П. Иванникова РАН, Сколковский институт науки и технологий, МФТИ, Университет Иннополис, ИТМО, ВШЭ);

– расширение сети высокопроизводительных вычислительных систем с одновременной консолидацией распределенных суперкомпьютерных ресурсов посредством высокоскоростных выделенных сетей науки и образования (МСЦ РАН, СПбПУ, ОИЯИ, МГУ им. М.В. Ломоносова);

– развитие новых алгоритмов математического моделирования, а также повышение эффективности, масштабируемости и отказоустойчивости суперкомпьютерных расчетных приложений, необходимость чего диктуется ростом производительности и развитием современных архитектур вычислительных систем (МГУ им. М.В. Ломоносова, ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, ИВМ РАН, ИВМиМГ СО РАН, МСЦ РАН, ОИВТ РАН, ИММ УрО РАН).

При оценке перспектив развития высокопроизводительных вычислений необходимо отметить следующее. Повышение требований к качеству и срокам создания изделий, к надежности функционирования технологических и информационных систем увеличивает интерес к активно развивающимся технологиям цифровых двойников и цифровых нитей, которые займут ведущее место в области математического моделирования в будущем.

Рост потребности в вычислительных ресурсах и разнообразии вычислительных систем и архитектур является двигателем логического объединения отдельных специализированных суперкомпьютерных центров в территориально-распределенные сети, предоставляющие прозрачный и унифицированный доступ для пользователей к различным наборам ресурсов и сервисов. В ближайшие годы данное направление организации высокопроизводительных вычислений продолжит свое развитие. Ввиду сохранения тенденций по наращиванию производительности ведущих суперкомпьютеров мира, развитию графических ускорителей на базе легковесных ядер, увеличению количества вычислительных ядер в современных микропроцессорах, увеличению ширины вектора в перспективных архитектурах в ближайшие годы ожидается развитие технологий высокопроизводительных вычислений по следующим направлениям:

- гетерогенные вычисления, позволяющие решать расчетные задачи на неоднородном вычислительном поле, для чего необходима поддержка динамической балансировки вычислительной нагрузки;

- отказоустойчивые вычисления, в процессе которых с помощью исполнения компенсирующего кода возможна реакция на сбои отдельных вычислительных узлов без остановки счета задачи;

- распределенные многопроцессорные и многопоточные вычисления, которые позволяют добиться эффективного масштабирования вычислительных задач на большом вычислительном поле;

- векторизованные вычисления, позволяющие задействовать особенности современных архитектур в плане параллельности вычислений на уровне отдельных инструкций.

Следует отметить, что важной задачей при создании распределенных суперкомпьютерных инфраструктур является всестороннее исследование проблем обеспечения информационной безопасности распределенных систем, разработка методов и средств для защиты информации, совершенствования механизмов противодействия кибератакам, включающих методы построения формальных моделей политик информационной безопасности, верификации моделей и реализаций критических компонентов средств защиты и гомоморфного шифрования, разработка и развитие методов квантовых технологий, включая анализ и разработку протоколов квантового распределения ключа, методов управления квантовыми системами, методов теории открытых квантовых систем, методов передачи информации с использованием многочастичных квантовых систем.

В настоящее время Россия существенно отстает в обеспеченности высокопроизводительной вычислительной техникой. По сравнению с прошлым годом позитивных сдвигов не наблюдается, новые суперкомпьютеры в эксплуатацию не вводились. Самый мощный отечественный суперкомпьютер в сфере науки и образования – «Ломоносов-2» (МГУ им. М.В. Ломоносова) обладает быстродействием около 5 Пфлопс, опустился с 262-го места на 370-ое. Наиболее производительные вычислительные машины в России принадлежат коммерческим компаниям и направлены на решение задач искусственного интеллекта: это суперкомпьютеры компаний Yandex («Червоненкис», пиковая производительность 29,4 Пфлопс; «Галушкин», пиковая производительность 20,6 Пфлопс; «Ляпунов», пиковая производительность 20,0 Пфлопс), СБЕР («Кристофари Нео», пиковая производительность 14,9 Пфлопс; «Кристофари», пиковая производительность 8,7 Пфлопс) и МТС (MTS GROM, пиковая производительность 3 Пфлопс), что подтверждает востребованность суперкомпьютерных ресурсов в коммерческом секторе и недостаточную оснащённость сектора фундаментальной науки. Данные суперкомпьютеры, а также суперкомпьютер «Ломоносов-2», обеспечивают представительство России в рейтинге Top500 за ноябрь 2023 года семью системами. Таким образом, Россия занимает 13-е место с показателем 0.96% от суммарной пиковой производительности списка (годом ранее занимала 9-ое место, при 1,7%). К опережающим Россию США, Японии, КНР, Германии, Франции, Финляндии, Южной Кореи и Италии добавились Англия, Нидерланды, Южная Корея, Бразилия.

При анализе развития вычислительной математики необходимо отметить следующие тенденции. Наблюдается явный приоритет в развитии теории и алгоритмов рандомизированных методов вычислительной линейной алгебры. Они внедряются даже в пакеты общего назначения для решения задач, по отношению к которым имеются хорошо разработанные классические методы. Рандомизированные методы не только позволяют увеличить размеры задач, но также оказываются единственным средством в целом ряде случаев (например, вычисление следа обратной матрицы большого размера). Бурно развиваются методы малоранговой аппроксимации матриц и тензоров. При этом появилось обоснование исключительной роли таких аппроксимаций практически во всех моделях анализа данных. Очевидно, следует ожидать дальнейшего расширения сферы применения новых тензорных разложений, например, типа тензорного поезда, в задачах искусственного интеллекта. Много усилий уделяется решению аппроксимационных и оптимизационных задач в условиях неполной информации и достаточно высокого уровня шума, а также, в достаточно общей форме, развитию эффективных вычислительных методов на многообразиях. Эти направления и в дальнейшем будут привлекать существенное внимание исследователей. В развитии методов вычислительной математики на передний план выходят методы редукции моделей. В условиях большой неопределенности эти методы смыкаются с методами искусственного интеллекта и машинного обучения. Последние будут проникать также в технологии применения вполне традиционных методов. В связи с интенсивным применением параллельных вычислений большие усилия будут направлены на изучение и снижение коммуникационной сложности алгоритмов и развитие отказоустойчивых алгоритмов для больших распределенных систем. Одним из перспективных направлений развития вычислительной математики является разработка алгоритмов высокого порядка точности, а также численно-аналитических методов (со значительной ролью аналитических средств) для решения задач математической физики. Разработка новых и совершенствование существующих методов численного решения прямых и обратных задач математической физики были и остаются важнейшими направлениями повышения качества математических моделей.

Математическое моделирование традиционно востребовано в гражданской и оборонной индустриях, нефтегазовой промышленности, физике, химии, биологии, экологии. В ближайшие годы математическое моделирование будет играть важнейшую роль в медицине и сельском хозяйстве, при изучении экономических и социальных процессов, в задачах государственного и корпоративного управления, при разработке новых промышленных технологий, в аэрокосмической индустрии, энергетике (в том числе атомной и при добыче и разведке природных ресурсов), при создании робототехники, в физике элементарных частиц, физике плазмы, квантовой химии, прямом расчете турбулентных течений, процессов горения, молекулярной динамики и мн. др.

Важнейшей тенденцией представляется бурное развитие математических моделей живых систем, используемых как для решения медицинских задач, так и при разработке инженерного обеспечения в практической медицине. Персонализированные модели востребованы в клиниках для повышения качества неинвазивной диагностики и для планирования операций. Агентные модели востребованы

в демографии, социологии и эпидемиологии, при создании виртуальной реальности. Этот тип моделей позволяет использовать знания о физиологии, психологии и поведении миллионов индивидов. Агентные модели эффективно усваивают большие массивы реальных данных и обеспечивают прогнозирование и управление демографическими и социальными процессами.

Среди особенно актуальных направлений необходимо отметить моделирование среды обитания, включая районы Крайнего Севера, моделирование атмосферы и океана, прогноз погоды, изучение климата. Эти направления по-прежнему остаются одними из главных потребителей мировых вычислительных мощностей. Здесь следует отметить тенденции к более широкому использованию массивно-параллельных гибридных вычислительных систем, что предполагает пересмотр используемых вычислительных алгоритмов решения систем уравнений гидротермодинамики. Отметим также растущую роль алгоритмов машинного обучения и методов искусственного интеллекта при построении численных моделей и для обработки результатов моделирования.

Важнейшими направлениями, в которых были получены продвижения, являются численное решение задач сейсморазведки и электроразведки, задач безопасности шельфовых конструкций нефтегазовой отрасли и судоходства, проблемы движения крупных ледовых образований в северных морях, исследования механических свойств льда, расчеты на прочность северных нефтегазопроводов, ледовых аэродромов и дорог. Существенные продвижения достигнуты в моделировании свойств высоконаполненных полимерных композитных материалов. Полученные результаты важны при проектировании конструкций из таких материалов в аэрокосмической, машиностроительной и других областях отечественной промышленности.

Потребность развития суперкомпьютерных технологий обусловлена также необходимостью решения эволюционных задач радиационной магнитной газодинамики (РМГД), в которых полноценный учет переноса излучения для 3D моделей возможен только с помощью параллельных программных кодов, выполняемых на системах производительностью несколько и более Петафлопс.

Следует отметить, что моделирование переноса излучения является насущной потребностью для разработки новой техники, технологий и решения ряда актуальных задач, в том числе по программе управляемого термоядерного синтеза (УТС). Например, в АО «ГНЦ ТРИНИТИ» идет разработка мощных электрореактивных плазменных двигателей (ЭРПД) нового поколения на основе квазистационарных плазменных ускорителей (КСПУ) в рамках комплексной программы ГК «Росатом» по развитию техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации. Вычислительное сопровождение данного проекта, включая решение РМГД задач и моделирование переноса излучения, осуществляется в ИПМ РАН и является основой для комплексных теоретико-вычислительных и экспериментальных исследований, проводимых совместно с АО «ГНЦ ТРИНИТИ».

Перспективным представляется направление, связанное с неразрушающим контролем скрытых повреждений в аэрокосмических, железнодорожных и др. конструкциях. Активно ведутся работы в таких стратегически важных для стра-

ны научных областях, как проблемы геодинамики и вулканологии, связанные с движением в земной коре и недрах, истечением лавы и ее течением по различным рельефам местности, а также в математической медицине.

В целом развитие методов и технологий математического моделирования характеризуется следующими тенденциями: многомасштабность, мультифизичность, рутинное использование массивно-параллельных гибридных вычислительных систем, создание цифровых двойников с двусторонними информационными связями между моделью и реальным объектом, обработка больших объемов данных (BigData). Для ряда приложений, требующих расчета в реальном времени, будут все больше использоваться редуцированные модели и алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения.

В математическом программировании существенного продвижения удалось достичь в области эффективной аппроксимации асимметричных классов трудно-решаемых задач комбинаторной оптимизации: классической и обобщенной задач коммивояжера, задачи коммивояжера с призами, задачи оптимальной маршрутизации, задачи о цикловом покрытии при дополнительных ограничениях и пр. Полученные в этом направлении результаты представляют научный интерес не только в контексте алгоритмического анализа комбинаторных задач, но и в свете исследования одной из самых известных открытых проблем современной дискретной математики – гипотезы о взаимоотношении классов P и NP. Практическая значимость развиваемых алгоритмических подходов обуславливается актуальными приложениями в области исследования операций, в том числе в задачах отказоустойчивого управления распределенными производственно-транспортными процессами, роботизированными и беспилотными устройствами, а также при проектировании эффективных процедур машинного (в том числе нейросетевого) обучения и интеллектуального анализа данных. Характерной особенностью получаемых в последние годы результатов являются теоретически обоснованные гарантии точности и трудоемкости (скорости сходимости) разрабатываемых алгоритмов и вычислительных схем, представляющиеся важными, в том числе, с точки зрения проектирования систем доверенного искусственного интеллекта.

Системное программирование – это современное направление на стыке математических наук (в том числе искусственного интеллекта) и информационных технологий, на результатах которого базируются технологии разработки и эксплуатации всех информационно-коммуникационных систем, а в силу тотального распространения компьютерных систем – и всех сложных систем мониторинга и управления, включая транспортные, оборонные, социально-информационные и другие.

Важнейшей задачей технологии системного программирования является развитие базовых дисциплин системного программирования: технологий интеграции программных комплексов, компиляторных технологий, технологий разработки и развертывания операционных систем, технологий управления данными, в том числе в распределенных системах. На основе этих технологий предельно актуальной стала тема создания комплексов инструментальных средств разработки программ на основных языках программирования и для разнообразных аппаратных архитектур. Такие комплексы, известные как SDK (Software Development

Kit - набор инструментов разработки), особенно важны для создания доверенных программных решений, призванных в максимальной степени повысить уровень защищенности и информационной безопасности программно-аппаратных систем. SDK для доверенной разработки стали объектами экспортного контроля во всем мире, поэтому их создание является ключевой задачей обеспечения технологического суверенитета страны.

В настоящее время успешное обеспечение эффективности, продуктивности и безопасности IT-систем сталкивается с возрастающими рисками, которые вызваны доступностью практически всех систем через сеть, эскалацией размеров (измеряемых сотнями миллионов строк кода), резким возрастанием потока данных и объемов хранения, неразрывной связью программных и аппаратных систем. В сложившейся ситуации обеспечение кибербезопасности становится глобальным вызовом, поэтому развиваются методы статического и динамического анализа бинарного кода больших программ и программных систем, применяемые для поиска дефектов и уязвимостей безопасности; методы и средства обратной инженерии бинарного кода, обеспечивающие восстановление алгоритмов работы, моделей корректного поведения программных систем, трудно выявляемых критических дефектов, в том числе позволяющие проводить анализ прикладных программ и программно-аппаратных систем в целом; методы ИИ, в частности, машинного обучения, обеспечивающие автоматический поиск и исправление дефектов в программах; перспективные методы защиты информации в моделях с облачными серверами и другие исследования и методики; методы синтеза и методы анализа описаний цифровой аппаратуры на предмет наличия недеklarированных возможностей.

В области анализа, трансформации и моделирования программ создаются модели и представления современных и перспективных программно-аппаратных систем, обеспечивающие эффективное функционирование алгоритмов анализа на различных уровнях абстракции, от бинарного кода до архитектуры системы, комбинированные методы машинного обучения и анализа программ для построения принципиально новых подходов к исследованию и улучшению качества программ и мн. др. Развернуты исследования по высокоуровневому синтезу аппаратуры и моделирования гетерогенных компьютерных систем.

В области управления данными создаются технологии анализа и моделирования сложных сетей большого размера, включая социальные сети, графы мобильных звонков, биологические сети, методики и алгоритмы выявления асимптотических свойств случайных графов в различных моделях и их применение для анализа сложных сетей, алгоритмы анализа больших данных для поддержки прикладных задач, включая анализ текстовых данных, изображений, видео для вычислительной биологии, медицины, юриспруденции и др.

В области операционных систем разрабатываются масштабируемые методы моделирования, автоматизированного синтеза, анализа и верификации промышленных операционных систем, в том числе реального времени, перспективные виды системного и инфраструктурного ПО для надежных и доверенных сред и т.д.

На сегодняшний день в России исследования в области технологий системного программирования сосредоточены в ведущих научных центрах РАН, таких как Математический институт им. В.А. Стеклова РАН (МИАН) (квантовые техноло-

гии, в том числе квантовая криптография), Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН (ИСП РАН) (инструменты доверенной разработки, кибербезопасность, управление данными и инфраструктура ИИ, операционные системы, в том числе операционные системы для авиации и космических аппаратов, глубокая верификация программ, верификация и синтез описаний цифровой аппаратуры) и ряде других институтов.

Для консолидации усилий в области разработки безопасного ядра операционной системы Linux при поддержке ФСТЭК России и РАН (на базе ИСП РАН) создан Технологический центр исследования безопасности ядра Linux. Для обеспечения потребности отечественной промышленности в доверенных операционных системах реального времени развернута работа по созданию унифицированных операционных систем реального времени для различных аппаратов аэрокосмической техники (совместно с ГосНИИАС и ведущими предприятиями Роскосмоса).

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) признаются сегодня основой четвертой технологической революции и активно проникают во все сферы человеческой деятельности. Важной вехой в развитии технологии ИИ стало применение глубоких нейронных сетей в задачах компьютерного зрения, распознавания и синтеза речи, понимания естественного языка, сетевых и транзакционных данных и др. Суть нового подхода состоит в том, что нейронная сеть на первом этапе преобразует сложно устроенные данные об объекте в числовой вектор, а на втором этапе по этому вектору вычисляется искомый прогноз или принимаемое решение. Первый этап называется векторизацией данных. Он наиболее сложен, на него расходуется основной объем нейронной сети. Раньше он выполнялся инженерами вручную, но глубокие нейронные сети полностью его автоматизировали. Это позволило обучать глубокие нейронные сети на огромных объемах данных без их разметки людьми.

Основной прорыв в последнее время связан с развитием больших генеративных моделей, содержащих десятки миллиардов параметров и обученных на терабайтах данных. В частности, для генерации текста появились большие языковые модели (LLM), такие как ChatGPT, YandexGPT, GigaChat, Lama и др., для генерации изображений созданы диффузионные модели (Stable Diffusion, DALL-E, Midjourney, Kandinsky) и мультимодальные модели, работающие сразу с несколькими типами данных (CLIP, версии ChatGPT, и др.).

Создание больших языковых моделей происходит в три этапа. На первом базовая модель обучается на неразмеченных данных. На этом этапе требуются огромные вычислительные ресурсы. Например, большая языковая модель GPT-3 обучалась на корпусе из 650Gb текстов, а для ее обучения потребовалось 3640 петафлопс-дней на современных графических картах (GPU) и 6-12 млн. долларов США на оплату электричества. На втором этапе базовая модель дообучается на размеченных данных (supervised fine-tuning). На этом этапе требуется гораздо меньше ресурсов, но намного более качественные датасеты. Тем не менее большой размер моделей предполагает распределенное дообучение на нескольких серверных GPU с объемом памяти 80Gb. На третьем этапе производится настройка моделей для задач пользователей. Здесь используются как текстовые инструкции (prompt engineering), так и специальные техники обучения с подкреплением на

действиях пользователей (RLHF). Основным вызов при создании таких моделей лежит на стыке областей системного программирования и машинного обучения и связан с эффективным использованием вычислительных ресурсов при организации распределенного обучения.

Развитие больших генеративных моделей, как и широкое внедрение технологий искусственного интеллекта в целом, привело к возникновению новых угроз, эффективное противодействие которым не может быть реализовано текущими средствами разработки безопасного ПО. Примерами таких угроз являются предвзятость моделей, отсутствие интерпретируемости, специфичные атаки на машинное обучение, включая встраивание закладок в обучающие данные и составительские атаки на обученные модели. Для того чтобы делать модели более предсказуемыми и устойчивыми в реальных условиях, необходимо глубокое понимание устройства современного ИИ и создание программных инструментов помощи разработчику прикладных интеллектуальных систем. Это активно развивающееся направление получило название доверенный искусственный интеллект.

Среди актуальных применений ИИ необходимо выделить технологии понимания естественного языка, нацеленные на защиту государства и общества от деструктивных информационных воздействий. Противостоять технологиям информационной войны невозможно без современных средств мониторинга информационного пространства на основе ИИ. В интеллектуальном анализе данных стремительно формируются такие новые области исследований, как детекция фейковых новостей, речевых манипуляций, пропаганды и идеологических атак. Одним из ключевых направлений в решении этой проблемы является создание цифровых водяных знаков, встраиваемых в генерируемый цифровой контент.

Российская академия наук занимает лидирующие позиции в исследовании ключевых проблем ИИ. Для решения задач в области кибербезопасности систем доверенного ИИ на базе ИСП РАН создан исследовательский Центр доверенного искусственного интеллекта, получивший грантовую поддержку Правительства Российской Федерации в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект». В центре развернуты исследования вопросов построения доверенных интеллектуальных систем, в частности базовых средств ИИ и инфраструктуры для машинного обучения, для моделирования нейронных сетей и других важных с точки зрения безопасности и производительности и масштабируемости. Работы ведутся в тесной координации с ФСТЭК России и другими федеральными ведомствами, ведущими российскими университетами и лидерами отечественной ИТ-индустрии.

В целях осуществления прорывных исследований фундаментального характера в области математических и смежных наук в рамках национального проекта «Наука и университеты» на конкурсной основе были созданы четыре Математических центра мирового уровня. Победителями стали математические институты: МИАН, ПОМИ РАН, ИМ СО РАН, а также ИПМ РАН, ИВМ РАН и ИСП РАН совместно с МГУ. За время работы в 2020–2023 гг. данные центры добились существенного научного прогресса в важнейших направлениях фундаментальной и прикладной математики, а также достигли заметных результатов по привлечению молодых ученых, развитию и углублению международного сотрудничества, интенсификации междисциплинарных исследований.

Важнейшую роль для обеспечения передового уровня фундаментальных и прикладных исследований в области математики играют региональные научно-образовательные математические центры. Такие центры в настоящий момент расположены во всех федеральных округах Российской Федерации. В 2023 году на базе организаций, расположенных в Донецкой Народной Республике и Республике Крым (Институт прикладной математики и механики, Донецкий государственный университет, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского), создан и получил финансирование региональный «Азово-Черноморский математический центр».

Третья конференция математических центров России прошла с 10 по 15 октября 2023 года в столице Республики Адыгея городе Майкопе. Проводящей организацией выступил Адыгейский государственный университет и функционирующий на его базе Кавказский математический центр. В работе конференции приняли участие 248 математиков из различных регионов нашей страны. К настоящему моменту данная конференция приобрела статус крупного научного форума, объединяющего как ведущих ученых, так и молодых исследователей, работающих в области фундаментальной и прикладной математики. IV ежегодная конференция математических центров России планируется к проведению в Санкт-Петербурге в 2024 году на базе Международного центра мирового уровня «Санкт-Петербургский международный математический институт им. Леонарда Эйлера».

Дальнейшее развитие математических центров мирового уровня будет способствовать реализации Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 года № 400. В п. 76, пп. 13 Стратегии в качестве одной из задач указана необходимость достижения Российской Федерацией лидирующих позиций в области физико-математических наук, которую требуется решить в целях научно-технологического развития страны. За время работы сети математических центров мирового уровня и региональных научно-образовательных центров сложились исследовательские коллективы, способные решать самые амбициозные современные задачи, которые стоят перед фундаментальной и прикладной математикой. Для сохранения и дальнейшего развития компетенций и сформированного научного потенциала необходима стабильность и возможность планирования работ на следующий 6-летний период. Российская академия наук считает стратегически важным продление программы поддержки математических центров до 2030 года.

## **Важнейшие достижения**

### **1. Двухуровневая схема оптимизации перелёта Земля-Марс малого космического аппарата по гибридной схеме с электрореактивной двигательной установкой**

Требуются прорывные решения для приобретения утраченных навыков, завоевания приоритета в реализации межпланетных полетов и достижения национальной технологической независимости. Цель: получение опережающего задела по динамике и управлению движением для разработки межпланетных миссий на

базе малых космических аппаратов (МКА). Задача: разработка методов проектирования номинальных траекторий движения МКА по гибридной схеме – отлет от Земли с помощью разгонного блока с двигателем большой тяги и дальнейшего перемещения в межпланетном пространстве и выходом на расчетную траекторию вокруг целевой планеты с помощью двигателя малой тяги. Реализация схемы не требует разработки новых средств запуска КА и позволяет оперативно на базе существующей элементной базы с незначительными доработками и в короткие сроки реализовать относительно недорогие межпланетные миссии.

Предложена двухуровневая процедура оптимизации траектории перелёта Земля–Марс МКА с электрореактивной двигательной установкой. Решение задачи оптимального управления находится с помощью принципа максимума Понтрягина. Используются экспериментально полученные параметры двигательной установки и учитывается необходимость дополнительных затрат рабочего тела на парирование эксцентриситета тяги. В исследовании показывается связь между величиной гиперболического избытка скорости и числом активных участков траектории.

Организация: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Авторы: Овчинников М. Ю.; Корнеев К.Р.; Перепухов Д.Г.

*Публикации:*

1. Овчинников М.Ю. и др. Миссия на Марс на базе МКА с ЭРДУ // Идеи Циолковского в теориях освоения космоса. Материалы 58-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга: изд-во “Эйдос,” 2023. Ч. 1. С. 43–47.

2. Дронов П.А., Каплин М.А., Приданников С.Ю. Ракетные двигатели АО «ОКБ «Факел» для космических аппаратов — опыт лётного применения и новые разработки // Космическая техника и технологии. Публичное акционерное общество «РКК «Энергия», 2023, № 4 (43).

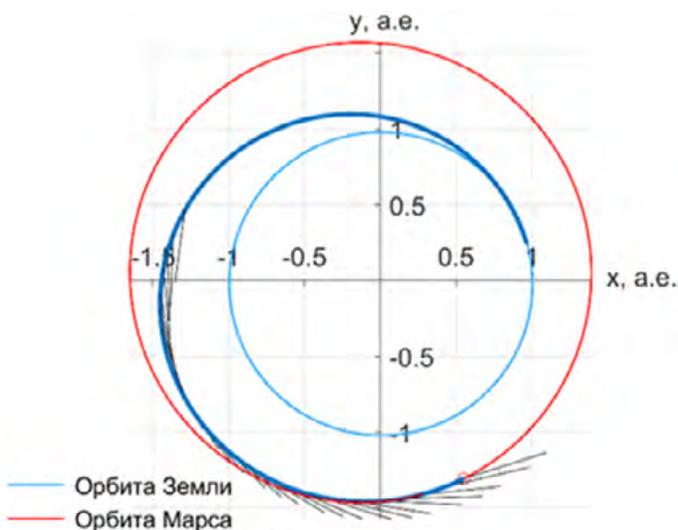


Рис. 1. Траектория перелета МКА к Марсу

## *Характеристика практического применения полученных результатов*

Исследование Марса и других планет Солнечной системы с помощью малых космических аппаратов (МКА) должно стать перспективным направлением развития отечественной космонавтики, особенно в свете приостановки программы ЭкзоМарс. На текущем этапе рассматривается возможность разработки, создания и запуска МКА к Марсу на базе микроплатформы, прорабатываемой с участием Института космических исследований РАН (научное руководство и полезная нагрузка), АО «Российские космические системы» (создание платформы со служебной аппаратурой), АО ОКБ «Факел» (изготовление и компоновка двигательной установки) и Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (баллистико-навигационное обеспечение). Отработанная платформа может быть использована для развертывания группировок вокруг Луны различного назначения по однопусковой схеме, когда одним пуском РБ Фрегат группировка доставляется к Луне и распределяется по заданным орбитам.

Для анализа возможностей по использованию в такой миссии двигательной установки малой тяги прорабатывается сценарий гибридного запуска МКА. Для его выведения на отлётную траекторию используется разгонный блок (РБ). На микроплатформе рамной конструкции разработки АО «РКС» размещается объединенная двигательная установка (ОДУ) малой тяги, позволяющая осуществить до-разгон МКА после отделения от РБ, для достижения орбиты Марса и обеспечить манёвр выхода на целевую орбиту вокруг планеты. В состав ОДУ производства АО ОКБ «Факел» входят два электрореактивных двигателя SPT-50M [2], арматура, клапаны, баки с ксеноном, газовые электронагревные двигатели (ГД) ЭНД-10 и блок СПУ. В качестве источника электропитания используются солнечные батареи. В состав полезной нагрузки входят телескоп для проведения исследований Солнца на межпланетном участке и ВУФ-УФ камеры для проведения исследований на орбите вокруг Марса.

Параметры МКА. Размеры платформы (без панелей солнечных батарей): 1150 x 800 x 500 мм. Полная стартовая масса: 156 кг. Масса полезной нагрузки (ПН): 15 кг. Размер модуля ПН: 800 x 500 x 400 мм. Сухая масса МКА (включая массу ПН): 92 кг.

Дата старта: 8 октября 2026 года. Длительность перелёта Земля–Марс: 422 суток. Один активный участок продолжительностью 256 суток: с 23 марта по 4 декабря 2027 года. Затраты ксенона: 38 кг (с учётом расхода на парирование эксцентриситета тяги). Гиперболический избыток скорости при отлёте от Земли: 2994 м/с. Внешний вид МКА приведен на Рис. 2.

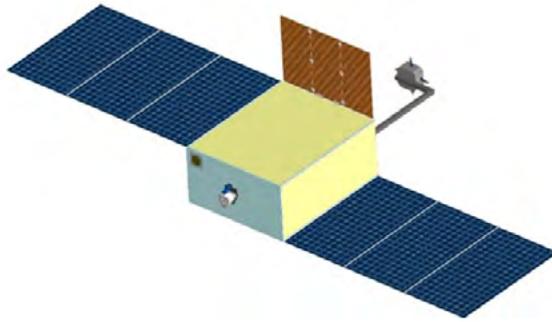


Рис. 2. Внешний облик платформы микрокласса

## 2. Глобальная модель численного прогноза погоды с разрешением мирового уровня внедрена в оперативную эксплуатацию в Гидрометцентре России

В ИВМ РАН совместно с Гидрометцентром России разработана новая версия глобальной модели атмосферы ПЛАВ, предназначенная для среднесрочного прогноза погоды. Модель имеет горизонтальное разрешение около 10 км, что соответствует современному мировому уровню. Реализация такой модели потребовала работ по усовершенствованию вычислительных алгоритмов и параллельной реализации модели. По итогам оперативных испытаний в Гидрометцентре России, решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологическим прогнозам Росгидромета от 29.05.2023, глобальная модель атмосферы ПЛАВ10 рекомендована к внедрению и с сентября 2023 года внедрена в оперативную эксплуатацию.

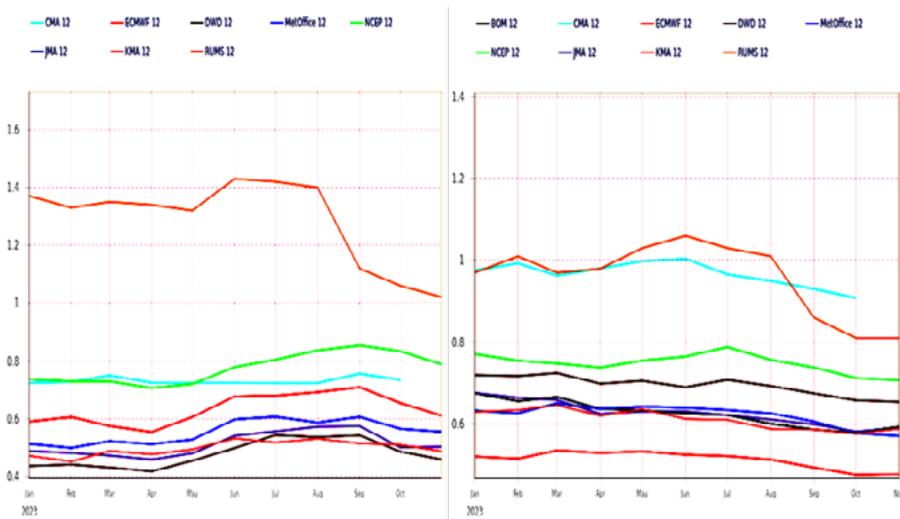


Рис. 3. Среднеквадратическая ошибка прогноза температуры на 24 часа в различных мировых центрах: слева - для поверхности 850 гПа в тропиках, справа – для поверхности 250 гПа в регионе 20°-90° с.ш. Оранжевая кривая – модель ПЛАВ, внедрение модели ПЛАВ10 – сентябрь 2023 г.

Организация: ИВМ РАН.

Научный руководитель работ: д.ф.-м.н. Толстых М.А.

Исполнители работ: Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Гойман Г.С. (ИВМ РАН), Травова С.В., Зарипов Р.Б., Мизяк В.Г., Алипова К.А. (Гидрометцентр России).

*Публикации:*

1. Толстых М.А., Шашкин В.В., Фадеев Р.Ю., Шляева А.В., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Богословский Н.Н., Гойман Г.С., Махнорьлова С.В., Юрова А.Ю. Система моделирования атмосферы для бесшовного прогноза. Рец. д.ф.-м.н. А.В.Старченко. 2017, М.: Триада лтд., 166 стр. ISBN 978-5-9908623-3-3.

2. Tolstykh M.A., Fadeev R.Y., Shashkin, V.V., Goyman G.S. (2022). Improving the Computational Efficiency of the Global SL-AV Numerical Weather Prediction Model. *Supercomputing Frontiers and Innovations*, 8 (4), P. 11–23.

### **3. Оптимальные алгоритмы решения задач децентрализованной оптимизации на меняющихся со временем графах**

Разработаны оптимальные алгоритмы для решения различных классов задач децентрализованной оптимизации на меняющихся со временем графах, в том числе для класса гладких выпуклых задач, а также доказан сам факт оптимальности (Рис. 4). Оптимальность имеет место одновременно по двум критериям – число коммуникаций и число вычислений градиентов на каждом узле. Это нетипично для многокритериальных постановок задач, раньше достичь оптимальности по обоим критериям не удавалось. Также получены нижние оценки для случая медленно меняющихся графов, который наиболее часто возникает на практике.

Задача децентрализованной оптимизации на меняющихся со временем графах – это задача минимизации суммы функций, где каждое слагаемое хранится в своем вычислительном узле коммуникационной сети, и требуется построить решение с заданной точностью при условии, что каждый узел может обмениваться информацией только с непосредственными соседями. Эта постановка характерна для современного анализа данных, а также особенно актуальна в последние годы в связи с возросшим числом хакерских атак, в частности на беспроводные сети.

Организация: ИСП им. В.П. Иванникова РАН.

Руководитель работ: д.ф.-м.н. Гасников А.В.

*Публикации:*

1. Metelev D., Rogozin A., Kovalev D., & Gasnikov A. (2023, July). Is consensus acceleration possible in decentralized optimization over slowly time-varying networks?. In *International Conference on Machine Learning* (pp. 24532–24554). PMLR.

2. Metelev D., Beznosikov A., Rogozin A., Gasnikov A., & Proskurnikov A. (2024). Decentralized optimization over slowly time-varying graphs: algorithms and lower bounds. *Computational Management Science*, 21(1), P. 1–25.

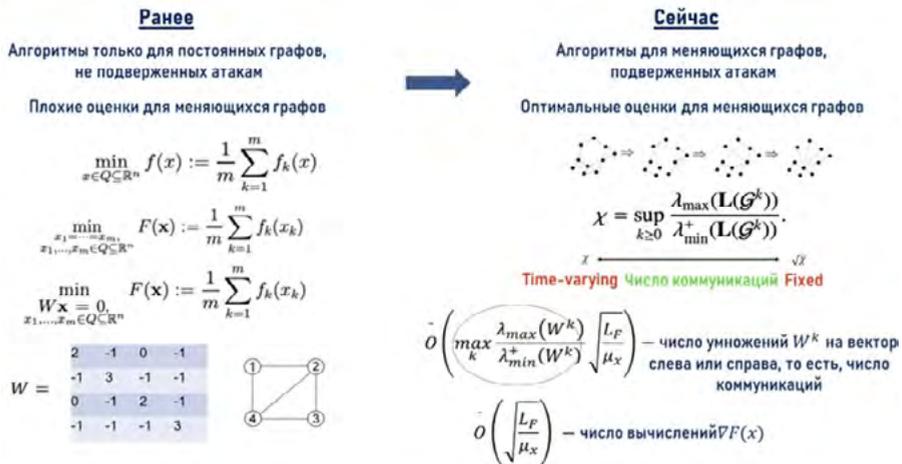


Рис. 4. Схема работы

#### 4. Численное моделирование структуры потока около спускаемого аппарата и находящегося в его следе парашюта при сверхзвуковых скоростях

На основе консервативных численных методик осуществлено моделирование и анализ нестационарной вихревой структуры течения, возникающего между спускаемым в атмосфере аппаратом и тормозным парашютом при сверхзвуковых скоростях движения. Численные расчеты проведены для условий марсианской атмосферы при различных расстояниях между спускаемым аппаратом и парашютом для чисел Маха набегающего потока  $M_\infty=1.5$  и  $M_\infty=1.8$  при различных углах атаки аппарата. Рис. 5 дает представление о нестационарном вихревом характере движения среды между спускаемым аппаратом и тормозным парашютом.

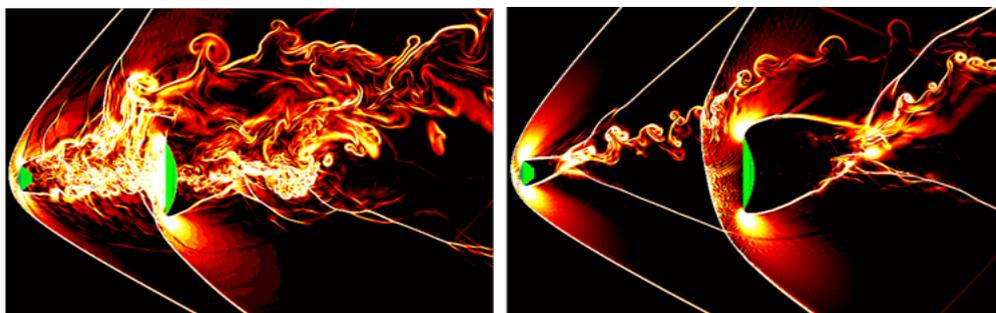


Рис. 5.  $M_\infty=1.5$ . Картины течения при различных расстояниях между спускаемым аппаратом и тормозным парашютом при угле атаки аппарата  $\alpha=10^\circ$

Анализ проведенных параметрических расчетов для различных углов атаки спускаемого аппарата, а также при несоосной ориентации аппарата и парашюта указывает на существенное влияние расстояния между спускаемым аппаратом и парашютом как на устойчивость в потоке всей системы спускаемый аппарат-парашют, так и на эффективность торможения парашютной системы.

Моделирование осуществлено на основе параллельных алгоритмов и реализовано на вычислительных ресурсах Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН.

Организация: ИАП РАН.

Авторы: Бабаков А.В. (ИАП РАН), Финченко В.С. (АО «НПО им. С.А. Лавочкина»).

*Публикации:*

1. Бабаков А.В., Финченко В.С. Результаты численного определения влияния несоосного расположения десантируемого объекта и парашюта в сверхзвуковом потоке газа на их аэродинамические характеристики и структуру течения // Вестник «НПО им. С.А. Лавочкина». 2023. №1 (59). С. 21–29.

2. Бабаков В.А. Численное моделирование структуры потока около спускаемого аппарата и расположенного в его следе парашюта при сверхзвуковом движении. Математическое моделирование и численные методы, 2023, № 3, С. 62–79.

*Практическое применение результата «Численное моделирование структуры потока около спускаемого аппарата и находящегося в его следе парашюта при сверхзвуковых скоростях»*

Для торможения спускаемых аппаратов в атмосфере планет и их посадки на поверхность используются, в частности, парашютные системы. Диапазон скоростей движения спускаемого аппарата как при вводе в действие парашюта и раскрытии купола, так и при дальнейшем торможении для надежной посадки на поверхность достаточно широк: от сверхзвуковых скоростей – до малых дозвуковых. Раскрытие купола парашюта происходит в условиях нестационарного следа за аппаратом. После раскрытия купола парашюта структура потока как между спускаемым аппаратом и куполом парашюта (далее – парашют), так и в следе за парашютом имеет пространственный и нестационарный вихревой характер, влияющий на силовое воздействие потока как на парашютную систему, так и на аппарат.

Возникающая структура потока во многом влияет на надежность срабатывания парашютной системы и зависит как от скорости движения в газовой среде, так и от геометрических параметров системы - формы аппарата и парашюта, их взаимного расположения в пространстве. Знание силовых характеристик воздействия потока как на парашют и аппарат, так и на систему в целом, необходимы для расчетов траектории спуска и динамики движения системы.

Вся эта информация необходима на стадии проектирования систем торможения при спуске и посадке объектов в атмосфере планеты и в проведенных исследованиях основана на математических моделях и численных расчетах, реализованных на суперкомпьютерных системах.

## **5. Электро-импедансная томография поверхностей**

Двумерная задача электро-импедансной томографии (ЭИТ) состоит в определении токопроводящей оболочки (ее формы, метрики, возможных отверстий) по измерениям на ее краю. К приложениям, в которых актуальны задачи такого типа, относятся медицинская томография, дефектоскопия, акустика, геофизика и др.

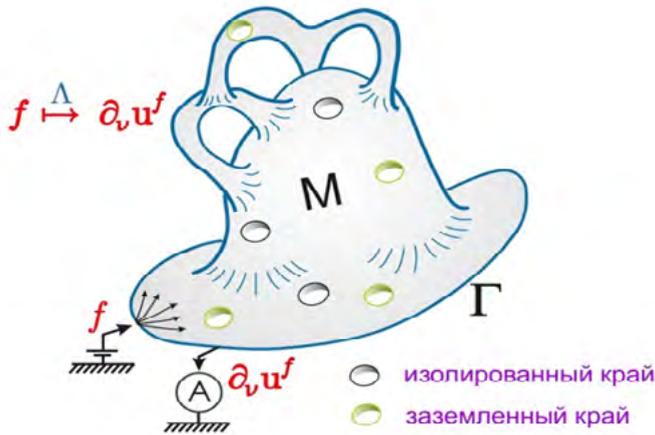


Рис. 6. Пример риманова многообразия  $M$

В математической постановке требуется восстановить двумерное риманово многообразие  $(M, g)$  с краем  $\Gamma$  (определить топологию, метрику, наличие лакун и др.) по заданному на  $\Gamma$  оператору  $\Lambda: f \rightarrow \partial_\nu u^f|_\Gamma$ , где  $u = u^f(x)$  удовлетворяет уравнению Лапласа  $\Delta_g u = 0$  в  $M$ , а  $\partial_\nu u^f|_\Gamma$  – производная по нормали. В уточненной постановке, учитывающей специфику задачи, надо найти многообразие  $(M', g')$  с краем  $\Gamma' = \Gamma$ , такое, что выполнено  $\Lambda' = \Lambda$ .

Задача решена в цикле наших работ (8 статей, 2020-2023 гг.). Подход использует глубокую и во многом неожиданную связь между обратными задачами математической физики и теорией коммутативных Банаховых алгебр, что выразительно подкрепляет тезис о пользе «абстракций» в прикладных исследованиях. Наши результаты дают полное решение задачи:

– Предложен алгоритм решения. По оператору  $\Lambda$  определяется алгебра  $A(\Gamma)$  следов функций, голоморфных внутри  $M$ . Находится ее спектр (множество характеров)  $A(\Gamma)$ . Спектр оснащается комплексной и римановой структурой, превращающей его в многообразие  $(M', g')$  – копию подлежащего определению оригинала  $(M, g)$ . Эта копия есть каноническое решение задачи ЭИТ, адекватное ее точной постановке.

– Показана устойчивость алгоритма: близким  $\Lambda$  и  $\Lambda'$  отвечают близкие  $(M, g)$  и  $(M', g')$ . Близость последних понимается в (наиболее естественном) смысле метрики Тейхмюллера.

– Дана характеристика данных задачи, т.е. найдены необходимые и достаточные условия на оператор  $\Lambda$ , обеспечивающие ее разрешимость.

Организация: ПОМИ им. В.А. Стеклова РАН.

Авторы: д.ф.-м.н. Белишев М.И., к.ф.-м.н. Кориков Д.В.

Публикации:

1. Badanin A. V., Belishev M. I. & Korikov D. V., *Inverse Problems*, 37 (2021), 105013.
2. Mikhail I. Belishev, Dmitrii V. Korikov, *SIAM J. Math. Anal.*, 53 (2021), pp. 5278–5287.
3. M. I. Belishev & D. V. Korikov, *Complex Anal. Oper. Theory*, 16 (2022).
4. Д. В. Кориков, *Алгебра и анализ*, 34:5 (2022).
5. Dmitrii V. Korikov, Mikhail I. Belishev, *SIAM J. Math. Anal.*, Vol. 55, Iss. 6 (2023).

## 6. Евклидов объем конического многообразия над гиперболическим узлом является алгебраическим числом

Гиперболическая структура на трехмерном коническом многообразии с узлом в качестве сингулярного множества как правило может быть деформирована в предельную евклидову структуру. В нашей работе мы показываем, что соответствующий нормированный евклидов объем многообразия всегда является алгебраическим числом, то есть корнем некоторого многочлена с целочисленными коэффициентами. Этот результат служит обобщением (для конических многообразий) известной теоремы Сабитова об объемах евклидовых многогранников, давшей ответ на проблему кузнечных мехов. Установленный нами факт выделяется на фоне гиперболических объемов, теоретико-числовая природа которых обычно весьма сложна. Кроме указанной теоремы, в нашей работе предложен алгоритм, позволяющий явно вычислить минимальный многочлен для нормированного евклидова объема.

Пример: Коническое многообразие над узлом 52 (Рис. 7) имеет нормированный евклидов объем

$$1/\left(6\sqrt{-6+68\sqrt{2}+4\sqrt{983+946\sqrt{2}}}\right)=0.009909630999945638\dots$$

Его минимальный многочлен имеет вид

$$1+864x^2-64457856x^4-412091172864x^6-785065068490752x^8.$$

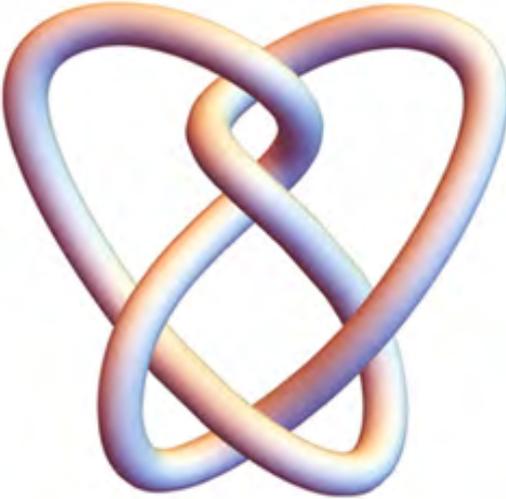


Рис. 7. Узел 52

Организация: ИМ СО РАН.

Авторы: Абросимов Н.В., Медных А.Д (ИМ СО РАН, НГУ), Колпаков А.А. Université de Neuchâtel (UniNE), Швейцария).

*Публикации:*

N. Abrosimov, A. Kolpakov, A. Mednykh, Euclidean volumes of hyperbolic knots // Proceedings of American Mathematical, 152 (2024), P. 869–881.

## 7. Развитие методики нелинейного межотраслевого баланса и ее приложение к сценарному анализу экономических рисков в условиях реструктуризации экономики и ресурсных ограничений

В современной ситуации геополитической нестабильности актуальной задачей является макроэкономический анализ сценариев развития отечественной экономики с учетом изменяющихся межотраслевых связей в условиях локализации производственных цепочек и рисков ресурсных ограничений. Для решения задачи требуется модификация традиционных методов анализа производственных сетей, основанных на модели межотраслевого баланса В.В. Леонтьева. Трудности их использования связаны с нарушением в современных условиях базовой гипотезы о постоянстве норм производственных затрат. В статьях [1], [2] разработана модификация технологии межотраслевого баланса, учитывающая замещение производственных факторов. Основой технологии является вычисление конкурентного равновесия в сети межотраслевых поставок и цен в заданных сценарных условиях развития экономики на основе решения пары взаимно двойственных оптимизационных задач: задачи распределения ресурсов и специального вида двойственной (по Янгу) задачи формирования цен. Разработана методика идентификации и калибровки модели на основе официальных данных системы национальных счетов. Расчет темпа инфляции в экономике Российской Федерации в сценарных условиях, соответствующих официальной статистике 2017–2022 гг. и прогнозу Министерства экономического развития от 28.09.2023г. подтверждает адекватность модельных оценок (см. Рис. 8).



Рис. 8. Расчет темпа инфляции в модели

Разработанная технология позволяет оперативно строить сценарные прогнозы межотраслевого баланса, а также анализировать инфляционные риски с учетом ресурсных ограничений. Технология может быть использована в качестве блока систем поддержки принятия экономических решений в условиях геополитических шоков.

Организация: ФИЦ ИУ РАН.

Авторы: Обросова Н.К., Шананин А.А.

Публикации:

1. Н.К. Обросова, А.А. Шананин. Двойственность по Янгу вариационных неравенств. Приложение для анализа взаимодействий в производственных сетях // Труды института математики и механики УрОРАН, 2023, Т.29 (3), С. 88–105.

## 8. Предсказание, обнаружение и применение эффекта инверсионного движения жидкости при лазерном нагреве

На основе численного моделирования динамики двухфазной сплошной среды при лазерном нагреве жидкости внутри цилиндрической полости предсказан эффект инверсионного движения жидкости в окрестности лазерного нагревательного элемента. Обнаружено, что процесс рождения и коллапса кавитационных паровых пузырьков (Рис. 9, А) формирует тепловые струи, являющиеся причиной образования тороидальной вихревой структуры (Рис. 9, Б), которая приводит к всасыванию жидкости через торец цилиндра. Данный эффект был использован для лазерного хирургического лечения гнойных и хронических ран (Рис. 10).

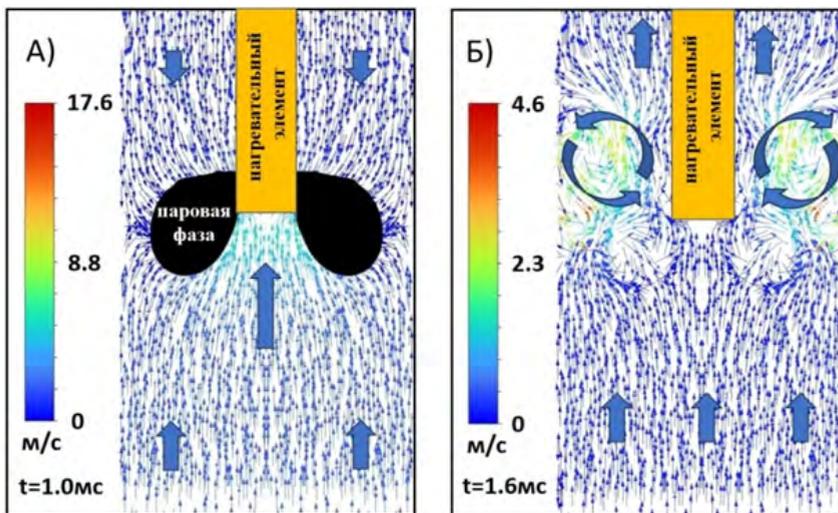
Организация: ИПМ ДВО РАН.

Авторы: Гузев М.А., Чудновский В.М., Дац Е.П., Кулик А.В.

*Публикации:*

1. В.М. Чудновский, академик РАН М.А. Гузев, Е.П. Дац, А.В. Кулик. Эффект ускоренного всасывания жидкости в трубке при лазерной кавитации в лазерном нагревательном элементе. // Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2023. Т.513, №1, С.41–47.

2. Е.П. Дац, А.В. Кулик, М.А. Гузев, В.М. Чудновский. Особенности динамики струйного потока, генерируемого при поверхностном кипении жидкости на лазерном нагревателе. // Письма в журнал технической физики. 2023. Т. 49, вып. 16, С. 38–41.



**Рис. 9.** Механизм всасывания жидкости через торец цилиндра:  
А) Схлопывание парового пузырька и начало инверсионного движения жидкости.  
Б) Формирование тороидального вихря.

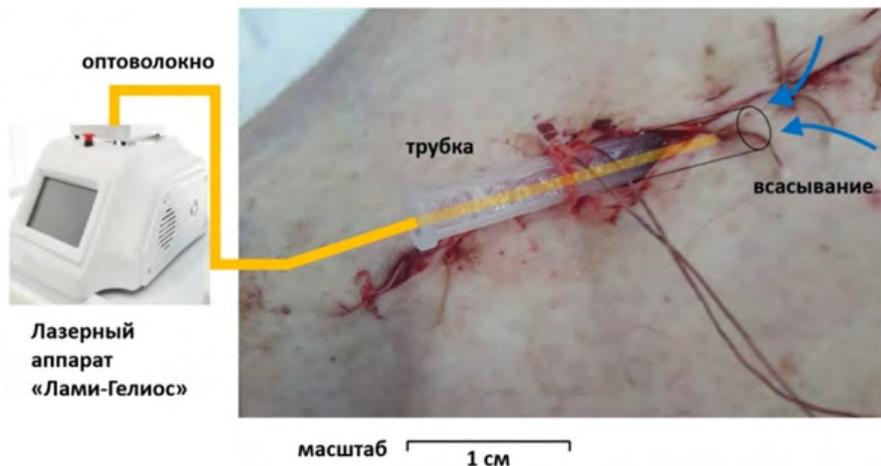


Рис. 10. Хирургическое лечение гнойного остеомиелита.  
Трубка с оптоволоконном расположена внутри раны

## 9. Усреднение эллиптических операторов второго порядка с произвольным нерегулярным возмущением младших членов

Для матричного эллиптического дифференциального оператора второго порядка в многомерной области с классическим граничным условием, возмущенного дифференциальным оператором первого порядка, произвольно зависящим от малого многомерного параметра, изучено существование предельного (усредненного) оператора в смысле сходимости резольвенты по норме. Показано, что такая сходимость эквивалентна сходимости коэффициентов возмущающего оператора в некотором пространстве мультипликаторов и получен критерий второй сходимости в терминах локальных средних значений на малых участках. С физической точки зрения эта задача соответствует описанию макроскопического поведения различных физических моделей с малыми возмущениями произвольной микроструктуры, например, это квантовый волновод с большим числом мелких дефектов внутри, которые могут быть расположены произвольным образом. Полученные результаты дают ответ, как подобные мелкие дефекты глобально влияют на общие квантово-механические свойства подобных структур. Другой пример – это описание на макроскопических масштабах динамики быстро и непериодически осциллирующих электромагнитных полей. На Рис. 11 приведены графики различных возможных осцилляций электрического потенциала подобных полей для плоских областей.

Организация: ИМВЦ УФИЦ РАН.

Автор: Борисов Д.И.

Публикации:

1. Д.И. Борисов. Об усреднении операторов с возмущениями общего вида в младших членах // Математические заметки. 2023. Т. 113. Вып. 1. С. 132–137.
2. D.I. Borisov. Homogenization for operators with arbitrary perturbations of coefficients // Journal of Differential Equations. 2023. V. 369. P. 41–93.

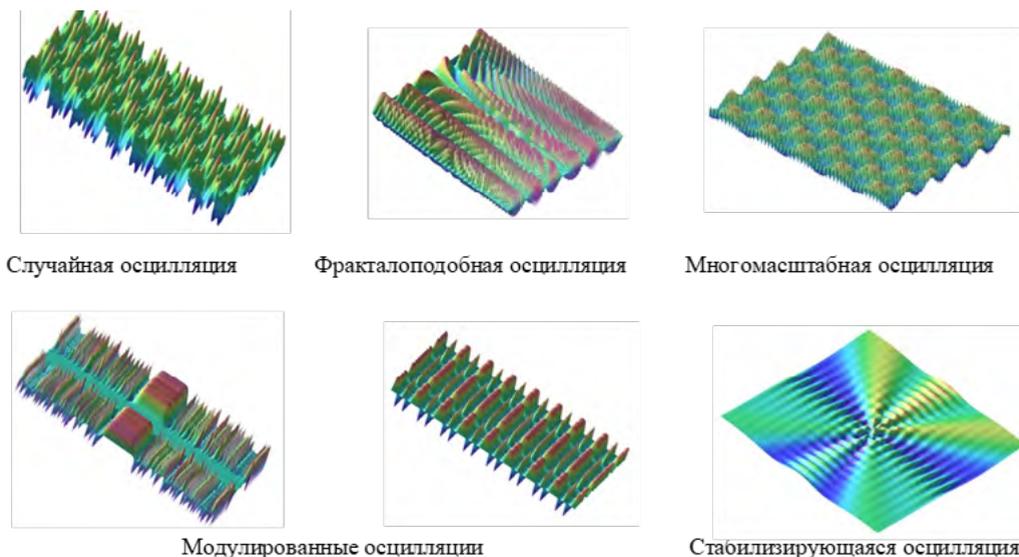


Рис. 11. Графики различных возможных осцилляций

## ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

### СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ НАУК В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЙ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК РАН

#### НАПРАВЛЕНИЕ НАУКИ: 1.3. ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Все основные технологии, на которых основана наша современная цивилизация, были созданы на основе знаний о Природе, полученных в результате фундаментальных исследований. Основной мотивацией фундаментальной науки является человеческое любопытство, а ценность полученных при этом результатов определяется их влиянием на наше понимание законов Природы. В то же время, перспективы практических применений оказывают очень сильное влияние на направления фундаментальных исследований. Особенностью нашего времени является также и постепенное стирание граней между отдельными научными дисциплинами такими, как физика, химия, биология и т.д. и их постепенное слияние в одну общую науку о Природе. Тем не менее ниже мы обсудим лишь те исследования, которые традиционно относятся к физическим наукам.

В области физических наук по-прежнему происходят важные события, заметно углубляющие наши знания о Природе. Пожалуй, наиболее интересные глобальные проблемы сейчас – это проблемы темной материи, барионной асимметрии и механизмов квантовой механики. Однако, существует много других областей, где также происходят существенные и весьма интересные события. Ниже перечислены основные события и тенденции 2023 года в разных отраслях физики.

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ (направление 1.3.2)

Бурное развитие нанoeлектроники привело к появлению доступных технологий создания всевозможных нано-гетероструктур из почти любых материалов, что дало возможность исследования различных новых фундаментально интересных квантово-механических явлений и эффектов в искусственно создаваемых наноструктурах. Эти исследования, в свою очередь, привели к дальнейшему развитию нанoeлектроники, нанoфотоники, оптоэлектроники и магноники. Число работ в области квантовых устройств и «чипов», в том числе использующих плазмоны и экситонные поляритоны в оптических микро-резонаторах, стремительно растет. Все эти работы имеют как фундаментальное, так и прикладное значение, которые иногда даже трудно разделить.

В качестве примера заметим, что в 2023 г. продолжалось создание и развитие полупроводниковых приборов для суб-терагерцового и терагерцового диапазона (100 ГГц – 3 ТГц), который является одним из наименее освоенных в шкале электромагнитного спектра, но критически важен для ряда гражданских и военных применений. Этот диапазон обеспечивает сегодня на порядок-два более высокое пространственное разрешение и скорость передачи данных радарам и системам наземно-космической связи. На основе релятивистского плазмонного эффекта в двумерных электронных системах в полупроводниковых гетероструктурах в России созданы быстродействующие компактные матричные приемники и фазовращатели. При этом имеется возможность быстро перестраивать параметры системы (например, фазу прошедшего излучения) с помощью подачи напряжения на затвор микроструктуры. Важнейшим достоинством разработанной технологии является возможность легко создавать на полупроводниковых пластинах большие массивы элементов. Это позволяет создавать матричные приемники и фазированные антенные решетки нового поколения для радиолокации, наземно-космической связи, передовых системах спутникового интернета, в дистанционном зондировании земли и в радиовидении для систем безопасности.

Остаются актуальными поиск и исследование нетривиальной и высокотемпературной сверхпроводимости и других систем с Бозе-конденсацией в твердотельных структурах.

Например, в 2023 году российскими учеными в гидриде  $\text{SnH}_4$  были обнаружены резкие отличия от традиционного БКШ-поведения в сверхпроводящем состоянии и от Ферми-жидкостного поведения в нормальном состоянии. Исследуемые образцы  $\text{SnH}_4$  обнаруживали сверхпроводимость с  $T_c=72$  К при давлении 180 ГПа и установлено, что в сверхпроводящем состоянии критическое магнитное поле зависит от температуры линейно во всем диапазоне полей до 16Т. Такое поведение противоречит общепринятым моделям для обычных сверхпроводников. В нормальном состоянии сопротивление в нулевом поле линейно зависит от температуры в диапазоне 120-300К, в противоречии с моделью Блоха-Грюнайзена для рассеяния на фононах. В присутствии поля сопротивление также растет линейно с полем во всем диапазоне полей выше  $H_c$ , от 20 до 60 Тесла.

Большой интерес остается к различным эффектам близости в искусственно изготавливаемых наноструктурах, которые связаны с проникновением и перекры-

тием волновых функций различных возбуждений (например, электронов) между тонкими слоями в различных нано-гетероструктурах.

По-прежнему интересны исследования электронных свойств низко-симметричных систем с сильным спин-орбитальным взаимодействием, в том числе в системах со спиновым упорядочением. Интенсивно изучаются спин-зависимые электро- и магнитотранспортные, магнитооптические и тепловые свойства магнито-упорядоченных металлических, полупроводниковых, полуметаллических материалов и низкоразмерных систем с перспективой их применения в спинтронике.

По-прежнему интересны также и различные нетривиальные фазовые переходы, влияние дефектов и примесей на электронные свойства кристаллов и процессы взаимодействия дефектов в кристаллах. Большое практическое значение имеют проводимые сейчас исследования в области создания новых полупроводниковых материалов и структур и инженерии дефектов в них. Помимо экспериментальных работ, все большее внимание уделяется развитию и применению компьютерных методов первопринципного моделирования. В частности, начиная с 2015 года возник большой интерес к монокристаллическому оксиду галлия  $Ga_2O_3$ , имеющему ряд преимуществ для использования в некоторых электронных устройствах. Он имеет ширину запрещенной зоны 4.8 – 4.9 эВ, почти как у алмаза и перспективен для УФ-оптоэлектроники, и для силовой электроники, в частности для МОП-транзисторов с рабочим напряжением свыше 1000 вольт.

Значительных успехов удалось достигнуть в области развития физического материаловедения и создания новых металлических и керамических конструкционных материалов и покрытий на основе искусственных и естественных композитов, в том числе наноструктурных. Параллельно с созданием материалов ведутся и работы по развитию технологий изготовления изделий из них, в том числе аддитивных, с использованием лазерного, электронно-лучевого и плазменного спекания, а также создание всевозможных защитных покрытий. Не менее важны и разработки новых материалов и структур с интересными функциональными свойствами для систем альтернативной энергетики, энергосберегающих технологий, аэрокосмических систем и т.д.

Следует особо отметить важность работ в области создания технологий и материалов для топливных элементов, аккумуляторов и солнечных элементов. При этом особое значение имеют работы в области «инженерии дефектов» в этих материалах. Важны и актуальны также работы в области материалов и технологий для силовой электроники.

Все перечисленные исследования несомненно будут интенсивно развиваться и дальше.

### **ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА (направление 1.3.3)**

Современная физика микромира ищет ответы на открытые вопросы о фундаментальных свойствах материи и Вселенной. Ряд проблем перед ней поставила космология и астрофизика: это проблемы темной материи, темной энергии и барионной асимметрии (преобладание материи над антиматерией в ранней Вселенной). Обычное вещество во Вселенной составляет примерно 5%, всё остальное – темная мате-

рия (темное вещество) пока неизвестной природы и темная энергия, которая заставляет Вселенную расширяться с ускорением. В области самой физики элементарных частиц имеются свидетельства о необходимости выхода за рамки существующей теории – Стандартной модели. Один из ключевых вопросов строения вещества – это вопрос о происхождении тяжелых элементов в звездных ядерных процессах во Вселенной и о пределах существования долгоживущих или даже стабильных сверхтяжелых ядер, то есть химических элементов с огромными номерами. Кроме того, важным является понимание физики объектов с большим содержанием нейтронов. На микроуровне это — крайне нейтронно-избыточные ядра, а на макроуровне — свойства нейтронных звезд и поведение нейтронной материи в процессе взрывного нуклеосинтеза.

Остро стоит и вопрос о свойствах кварк-глюонной материи при сверхвысоких температурах и плотностях.

Проводятся следующие фундаментальные исследования:

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

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

- поиск и исследование новых элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий в экспериментах на Большом адронном коллайдере, в прецизионных ускорительных экспериментах при сравнительно низких энергиях и в неускорительных экспериментах;

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

- изучение адронной материи при экстремальных давлениях и температурах, исследование кварк-глюонной среды и фазовых переходов в адронной материи, теоретическая проработка и подготовка экспериментов на коллайдере NICA;

- прецизионное измерение параметров нейтринных осцилляций, поиск в них эффектов CP-нарушения, выяснение вопроса о характере иерархии масс нейтрино, прямое измерение массы нейтрино в диапазоне 0,1–0,3 эВ, поиск нарушения закона сохранения лептонных чисел в процессах с мюонами и тау-лептонами на установке НЕВОД, выяснение майорановской или дираковской природы нейтрино путем исследования процесса двойного бета-распада ядер, поиск новых «стерильных» нейтрино в экспериментах на Калининской АЭС и на установке BEST на Баксанском нейтринном телескопе;

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

- поиск частиц темной материи, существующей во Вселенной, в прецизионных и низкофоновых экспериментах, на коллайдерах, в ускорительных экспериментах с фиксированной мишенью, в экспериментах по поиску стерильных

нейтрино, в специализированных экспериментах по поиску легких слабодействующих частиц;

- синтез новых сверхтяжелых элементов, продвижение к острову стабильности сверхтяжелых ядер;

- исследование экзотических ядер;

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

- исследование природных потоков нейтрино высоких энергий на глубоководных и подледных крупномасштабных установках Baikal-GVD, IceCUBE, KM3Net, поиск источников таких нейтрино, в том числе методами многоволновой астрономии;

- в области создания ядерно-физических комплексов — создание коллайдера тяжелых ионов NICA, создание нового  $e^+e^-$ -коллайдера с рекордной светимостью чарм-тау фабрики, разработка проекта комптоновского источника гамма-излучения, модернизация комплекса электрон-позитронных коллайдеров ВЭПП-4М – ВЭПП-2000, модернизация сильноточного линейного ускорителя протонов в Троицке с получением мегаваттной мощности в пучке, разработка проблем физики и техники ускорения заряженных частиц на основе новых методов в том числе для источника СИ 4-го поколения СКИФ, разработка новых методов детектирования заряженных и нейтральных частиц, создание новых перспективных ядерно-физических технологий в интересах экологически безопасной ядерной энергетики, ядерно-физической медицины, здравоохранения и других отраслей.

В практических целях продолжают исследования в области решения прикладных задач: применение ядерно-физических методов в разработках, связанных с повышением обороноспособности; устранение причин чрезвычайных ситуаций, решение экологических и иных проблем, проведение фундаментальных исследований в медицине, энергетике, материаловедении, биологии и других областях на основе использования синхротронного излучения и методами нейтронного рассеяния, разработка досмотровых, радиографических и дефектоскопических комплексов, разработка и создание ускорительных стерилизационных комплексов, разработка ускорительных подкритических систем для безопасной атомной энергетики и трансмутации долгоживущих ядерных отходов.

### **ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (направление 1.3.4)**

В центре внимания находятся исследования и разработки, связанные с крупными термоядерными проектами международной значимости. Это самый масштабный международный проект ИТЭР, введенный в действие в минувшем году современный токамак Т-15МД, и недавно начатый проект токамака реакторных технологий ТРТ. Исследования на Т-15МД направлены на создание первого в мире термоядерного источника нейтронов (с длительностью импульсов до 30 с). ТРТ предназначен для исследования квазистационарных физических процессов в опытном термоядерном реакторе, поведения плазмы в режимах, близких к зажиганию. При сооружении ТРТ должны быть решены задачи разработки и инте-

грации в одной установке набора важнейших инновационных технологий, включая создание магнитной системы токамака на базе высокотемпературных сверхпроводников с магнитным полем 8Тл, разработка эффективных инжекторов нейтральных атомов с энергией 0,5 МэВ с суммарной мощностью несколько десятков мегаватт, создание мегаваттных гиротронов с частотой 230 ГГц и длительностью до 100 с и сопоставимой суммарной мощностью, определения материала первой стенки токамака, наименее чувствительной к процессам эрозии под действием плазмы. Все названные технологии и образцы техники по требуемым параметрам превышают достигнутый мировой уровень и являются объектами исследований в физических институтах РАН и ГК «Росатом». Будут продолжены исследования методов улучшенного удержания плазмы в открытых ловушках, направленные на обоснование возможности создания термоядерного источника нейтронов на основе многопробочной газодинамической магнитной ловушки ГДМЛ, а также исследования новых методов нагрева и генерации токов в плазме на сферическом токамаке «Глобус – М2».

Ожидается расширение экспериментов по лазерно-плазменному взаимодействию, включая лабораторное моделирование процессов в экстремальных астрофизических объектах и разработку эффективных источников рентгеновского излучения для нанолитографии и средств диагностики.

### **ФОТОНИКА И ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (направление 1.3.5.)**

Фотоника развивается во многих научных группах. Она имеет многочисленные прикладные применения, а также широко используется для многих фундаментальных исследований. Ее достижения используются в широком спектре высокотехнологических продуктов: спутниковой навигации, гравиметрии, устройств телекоммуникаций, создания фотонных процессоров, лазерного термоядерного синтеза, оптических сенсоров на основе гигантского комбинационного рассеяния и т.д.

Продолжатся работы по созданию компактных оптических стандартов частоты для систем глобальной и космической навигации, связи. С этой точки зрения, интерес проявляется к реализации полностью оптической глубокой диссипативной ловушки для лазерного охлаждения и захвата атомов, к стадиям лазерного охлаждения атомов туллия до температур уровня субмикрокельвинов с использованием магнито-оптической ловушки, ионов иттербия (без использования магнитной ловушки) для создания нового поколения оптических часов с долговременной нестабильностью частоты на уровне  $10^{-17}$  –  $10^{-19}$ . В рамках Дорожной карты по квантовым вычислениям в России развивается платформа на ионах  $\text{Yb}^+$ . Для кодирования информации используются 4 электронных уровня, что соответствует 4 кубитам.

Для современных практических задач требуются лазеры ИК-диапазона, поэтому к их созданию привлечено внимание многих исследователей. Изучение излучательных характеристик полупроводниковых источников, в том числе полосковых и дисковых, направлено на поиск конструкций, оптимальных с точки зрения возможности повышения мощности излучателя (до десятков Вт) с длительностью импульса субнаносекундного диапазона. Разрабатываются технологии создания элементов для мощных газодинамических и твердотельных лазеров, например,

создания монокристаллов для пассивных и активных элементов, электрооптических модуляторов, стойких к лазерному излучению зеркал, нелинейных оптических изоляторов. Продолжаются работы по расширению диапазона излучения лазеров в область, востребованную микроэлектронными технологиями. Продемонстрировано, что источник экстремального ультрафиолетового излучения в диапазоне  $11,16 \pm 0,13$  нм можно получить при фокусировке излучения Nd:YAG-лазера на сверхзвуковую струю ксенона. Использование структурированных оптических волокон при масштабировании длины разряда и при наполнении их различными газами (Ne, Kr, Ar, Xe) и их смесями ведет к созданию нового поколения более компактных и эффективных волоконных лазеров. Ожидается, что к интересным результатам приведут исследования, проведенные с использованием интерферометрии с повышенной чувствительностью измерений за счет реализации процесса генерации сжатых состояний в нелинейных волокнах.

В области создания новых оптически активных материалов интерес представляют работы по расширению класса метаповерхностей с максимальной оптической хиральностью, по созданию аperiодических топологических изоляторов, которые открывают принципиально новые возможности для управления распространением и структурой излучения, для создания топологически защищенных систем передачи информации и/или энергии. Для контролируемого придания на наноуровне подобным структурам заданной геометрической формы применяются в том числе методы лазерного манипулирования. Сформировалась самая разнообразная практика синтеза наноразмерных материалов для приложений фотоники: осаждение вещества из газовой фазы, молекулярно-лучевая эпитаксия, электронно-лучевая литография, прямое лазерное письмо, лазерная абляция, фотополимеризация, оптический пинцет, самосборка и др.

Широкое применение спектральных методов в разных областях исследований ставит задачу скорейшего развития приборной аналитической базы. Развитие спектрометрии делает эту область привлекательной для биодиагностики продуктов, медицинской диагностики биотканей и верификации новообразований.

Интерес пользователей к ТГц-области спектра закономерно привел к необходимости иметь не только спектрометры ТГц-диапазона, но и микроскопы. Реализован метод ТГц-ближнепольной микроскопии с разрешением до  $0,06-0,11 \lambda$  на основе рутитовой иммерсионной линзы. Ожидаются новые результаты с использованием разработанного метода.

Чувствительность микроспектроскопии комбинационного рассеяния к основным биохимическим изменениям клеток демонстрирует способности обнаруживать специфические молекулярные аномалии (биомаркеры) в биологических тканях.

Исследования идут также в направлении реализации методов одновременного многоэлементного анализа растворов с аналитическими характеристиками, близкими к методам одноэлементного анализа. В ближайшее время будут решены задачи расширения диапазона определения элементов при увеличении разброса их концентраций.

В крупномасштабных методах спектрометрии, например в радиоспектрометрической интерферометрии, первоочередной задачей остается разработка методов эмпирической калибровки спектральной аппаратуры. Это важно для

локального земледелия, мониторинга лесного хозяйства, землепользования. Так как изображения, получаемые с помощью инструментов дистанционного зондирования, подвержены влиянию всевозможных источников излучения и переизлучения оптической радиации, это влияет на степень верификации результатов мониторинга.

Технологическая независимость авиационной и космической техники нуждается в применении оптических и фотонных методов, отработанных для конкретных практических приложений. Отработка интерферометрических методов по изображениям поверхности должна привести к разработке алгоритмов оптической навигации для посадки космических аппаратов на поверхность Луны. Для исследования структуры турбулентных сверхзвуковых струй, истечения жидкостей и газов из сопл различной конфигурации активно используются лазерные методы импульсной подсветки объекта, которые позволяют визуализировать объекты, экранированные фоновой засветкой с яркостной температурой (в приближении абсолютно черного тела) вплоть до 40 000К.

### **РАДИОФИЗИКА и ЭЛЕКТРОНИКА, АКУСТИКА (направление 1.3.6)**

Нелинейная динамика сложных пространственно-временных процессов относится к числу наиболее актуальных направлений современной физики и является пограничной с математикой. С позиции радиофизики как области научных исследований волновых и колебательных процессов очень большой интерес представляют опасные быстропротекающие геофизические явления (ураганы и штормы, цунами, волны-убийцы, мощные грозовые комплексы и лидерные каналы молний, сейсмические процессы). В ближайшие годы этим катастрофическим явлениям будет уделено очень большое внимание: от построения физических моделей и объемного численного моделирования до широкой программы натуральных наблюдений и лабораторного моделирования на специализированных экспериментальных стендах. Будет также продолжено исследование критических процессов, сопровождающих распространение интенсивного электромагнитного излучения в околоземной плазме, в том числе продолжены эксперименты по нагреву плазмы ионосферы мощным радиоизлучением стенда «Сура».

Важной задачей является совершенствование средств космической радарной интерферометрии, методов диагностики атмосферы и земных покровов и подповерхностной георадиолокации. Развитие радиофотонных технологий в перспективных радиолокационных системах обещает существенное улучшение характеристик обработки регистрируемых процессов.

В области вакуумной электроники важным является запрос на создание средств, обеспечивающих высоко-градиентное ускорение заряженных частиц. Будут продолжены эксперименты по генерации субнаносекундных импульсов сверхизлучения миллиметрового диапазона, а также исследование процессов эффективной компрессии импульсов излучения мультимегаваттного гиротрона, для которого возможна реализация значительной частоты повторения генерируемых импульсов. Очень перспективным для этой задачи также является проводимая разработка твердотельных устройств коммутации и обострения экстремально мощных высоковольтных импульсов.

Успешные исследования по генерации субтерагерцового излучения в режиме захвата частоты гиротрона внешним сигналом малой мощности открывают возможности значительного повышения мощности мегаваттных гиротронов для УТС и сохранения эффективности генерации при создании гиротронов с более высокой частотой, требуемых для термоядерных установок нового поколения.

Планируется также совершенствование акустических и оптоакустических методов и средств диагностики медицинских объектов и биологических сред, в том числе с привлечением методов машинного обучения.

### **АСТРОНОМИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА (направление 1.3.7)**

Продолжается период бурного прогресса в астрономии, включая астрофизику и космологию. Темпы расширения и углубления наших знаний Вселенной впечатляют. Это в первую очередь обусловлено созданием и использованием новых крупных уникальных астрономических инструментов, включая инструменты космического базирования. При этом стало возможным получение информации практически во всем диапазоне длин электромагнитных волн, а также по излучению гравитационных волн и нейтрино. Многоканальность астрономии стала привычным стандартом. Например, запущенный в декабре 2021 года рекордно крупный космический телескоп инфракрасного диапазона James Webb (США) показал свою эффективность и позволил получить в 2023 г. много важных научных результатов.

В России крупным событием стало завершение строительства (в июне 2023 года) и введения в строй (28 ноября 2023 года) сибирского радиогелиографа. Этот один из крупнейших астрономических инструментов России находится на территории радиоастрофизической обсерватории «Бадары», принадлежащей ИСЗФ СО РАН. Предназначен для измерения активности Солнца и наблюдения за его поверхностью. На радиогелиографе уже активно ведутся высококачественные наблюдения.

Возрастает роль обзоров. Уже сейчас большая часть научной информации в астрономии получается путем проведения обзоров в широчайшем диапазоне тематик исследований – от космологии до малых тел Солнечной системы и анализа полученных в обзорах данных. Примеры: астрометрический обзор Gaia (ведущая роль за европейскими странами), обзор «Галактика и массовая сборка» (GAMA) – это проект по использованию последнего поколения наземных широкоугольных телескопов разных стран для изучения космологии, образования и эволюции галактик. Ценность таких обзоров усиливается прогрессом в роботизации астрономических инструментов и использовании современных информационных технологий для накопления, передачи и компьютерного анализа огромных массивов данных. Это позволяет быстро верифицировать теоретические модели (в том числе, с использованием технологий искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения).

Следует отметить серьезную проблему. Развитие технологической базы в России сильно зависит от прогресса в создании отечественных приемников излучения в широком интервале длин волн (мм/субмм, ИК-, УФ- и т.д.). Пока этот прогресс относительно незначителен, но есть определенные положительные сдвиги.

В связи с изменениями геополитического характера сильно возрастает роль астрономической науки в решении практических задач. Например, в 2023 г. на-

учные учреждения РАН и вузов были привлечены к созданию проектного облика «Системы информационно-аналитического обеспечения безопасности космической деятельности в околоземном космическом пространстве «Млечный путь». Речь идет о создании национальной гражданской системы изучения и парирования космических угроз. Это работа продолжается.

В ближайшее десятилетие останутся актуальными исследования фундаментального характера:

- приближающие к пониманию природы темной материи и темной энергии;
- по развитию глобальных технологий наблюдений с высоким временным разрешением и теории транзиентных источников: от гравитационно-волновых событий и вспышек сверхновых (в частности килоновых) до событий в Солнечной системе и околоземном космическом пространстве;

- по поиску новых и углубленному изучению уже известных экзопланет.

В рамках разрабатываемого федерального проекта «Млечный путь» предусмотрено, что в процессе создания системы:

- будет создана национальная служба Солнца, способная прогнозировать аномалии космической погоды для обеспечения безопасности промышленных линий связи и космических аппаратов;

- будет создан астрономический сегмент национальной системы парирования космических угроз: космического мусора и астероидно-кометной опасности.

Еще один важный научный проект, имеющий практическое значение – усовершенствование астрономической составляющей координатно-временного обеспечения страны.

## **Важнейшие достижения**

### **Секция Общей физики и астрономии**

#### **1. Измерения рентгеновского излучения газа скоплений галактик на рекордно больших расстояниях от центра скопления**

Скопления – самые массивные вириализованные объекты в наблюдаемой Вселенной, которые заполнены горячим газом и являются мощными источниками рентгеновского излучения. Вдали от центра скоплений плотность газа падает, и изучать его становится крайне сложно, ведь тормозное излучение зависит от квадрата плотности газа и становится слишком слабым для большинства современных рентгеновских обсерваторий. Эту проблему удалось решить обсерватории SRG, используя исключительную однородность фона и неограниченное поле зрения в обзоре всего неба. Наложив друг на друга изображения 40 массивных скоплений галактик, были получены профили плотности, температуры и энтропии вплоть до рекордных расстояний, где плотность газа лишь в 50 раз выше, чем в среднем по Вселенной. Отличное согласие с космологическими численными расчетами показывает, что в режиме таких плотностей наши представления о формировании и эволюции скоплений достаточно точны (Рис. 12, Рис. 13).

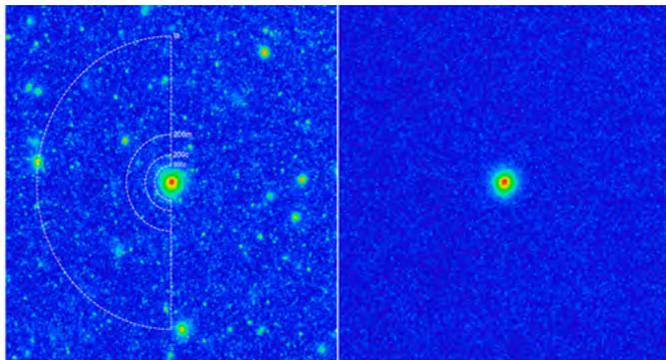
Организации: ИКИ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН.

Авторы: Лыскова Н.С., Чуразов Е.М., Хабибуллин И.И., Буренин Р.А., Старобинский А.А., Сюняев Р.А.

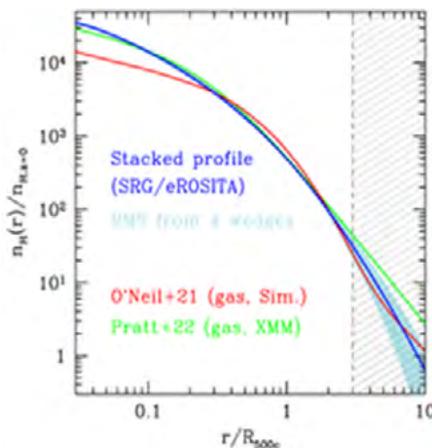
Публикация:

Lyskova N., Churazov E., Khabibullin I., Burenin R., Starobinsky A., Sunyaev R.

«X-ray surface brightness and gas density profiles of galaxy clusters up to  $3 \times R_{500c}$  with SRG/eROSITA», Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 525, 898 (2023) (<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad2305>)



**Рис. 12.** Изображение “усредненного” скопления галактик в рентгеновском диапазоне длин волн, полученное на основе данных SRG/eROSITA, без вычитания компактных и протяженных источников, не относящихся к скоплению, (слева) и с вычитанием источников (справа)



**Рис. 13.** Измеренный радиальный профиль плотности газа вокруг скопления в сравнении с численными расчетами формирования крупномасштабной структуры Вселенной

## 2. Разработка новых физических принципов для построения терагерцовых фазовращателей

Терагерцовый частотный диапазон (100 ГГц – 3 ТГц) остаётся одним из наименее освоенных диапазонов в шкале электромагнитного спектра, обладающим рядом отличительных свойств, делающих его освоение критически важным для целого ряда секторов гражданской и военной промышленности. Среди важнейших приложений субтерагерцовой электроники следует отметить создание фазированной антенной решетки (ФАР), в которой направление излучения можно быстро изменять с помощью приложенного напряжения. ФАРы сантиметрового диапазона длин волн сегодня широко применяются в радиолокации, наземно-космической связи, передовых системах спутникового интернета, в дистанционном зондировании Земли и в

радиовидении для систем безопасности. Более высокочастотные субтерагерцовые ФАРы также начинают находить различные гражданские и военные применения: например, возможности использования ФАР миллиметрового диапазона востребованы в беспроводных системах связи нового поколения 6G. Субтерагерцовый диапазон обеспечивает сегодня на порядок–два более высокое пространственное разрешение и скорость передачи данных радарам и системам наземно-космической связи.

В ИФТТ РАН был разработан и исследован новый механизм для построения компактных полупроводниковых фазовращателей. В этих системах используется релятивистский плазмонный эффект, который реализуется в двумерных электронных системах с высокой проводимостью. При этом используется важное свойство полупроводников – возможность перестраивать параметры системы, например, фазу прошедшего излучения, с помощью подачи напряжения на затвор микроструктуры. Важнейшим достоинством разработанной технологии является то, что он реализован на базе GaAs полупроводниковой технологии. Это позволяет легко масштабировать количество фазовращательных элементов на полупроводниковой пластине, создавая массивы любого размера. Такой подход особенно привлекателен для создания фазированных антенных решёток нового поколения.

Организация: ИФТТ РАН.

Авторы: Джикирба К.Р., Муравьев В.М., Кукушкин И.В.

Публикация:

Dzhikirba K.R. Demonstration of the plasmonic THz phase shifter at room temperature / K.R. Dzhikirba, A. Shuvaev, D. Khudaiberdiev, I.V. Kukushkin, V.M. Muravev // Applied Physics Letters. – 2023. – Vol. 123, Iss. 5. – P. 52104. – DOI:10.1063/5.0160612

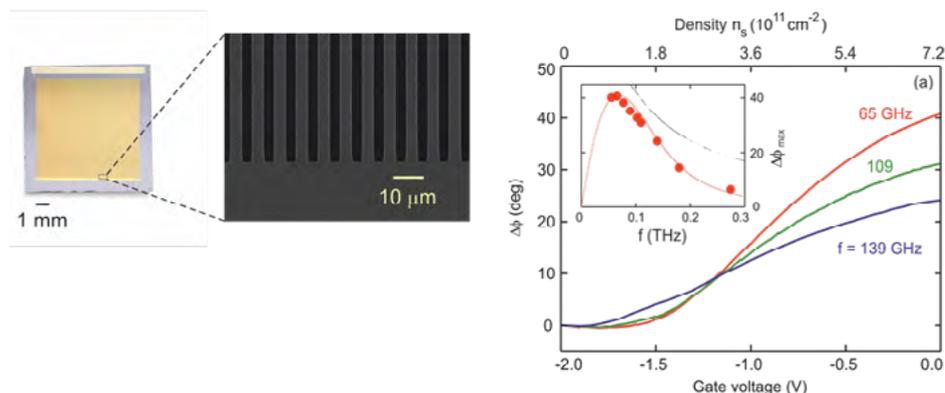


Рис. 14. Разработанная ФАР-система и зависимости изменения фазы от напряжения на затворе и частоты

### 3. Фотоэлектрические устройства AlGaAs/GaAs для преобразования лазерного излучения (800–860 нм) сверхвысокой плотности

В работе выполнены расчеты и применены технологические решения для метода МОСГФЭ, позволившие не только повысить эффективность AlGaAs/GaAs

ФП (до 62%), но и поддерживать высокий КПД ( $\geq 56\%$ ) при рекордных (относительно мирового уровня) плотностях энергии падающего лазерного излучения (ЛИ) до  $0,5 \text{ кВт/см}^2$ :

- увеличено выходное напряжение ФП за счет размещения области пространственного заряда p-n гетероперехода в широкозонном слое;
- разработана технология внедрения тыльного отражателя и «переноса» гетероструктуры на опорную подложку с образованием монолитной структуры ФП ЛИ (Рис. 15), что обеспечило повышение фоточувствительности на целевой длине волны ЛИ ( $\lambda = 800\text{--}860 \text{ нм}$ );
- рассчитаны и исключены потенциальные барьеры для неосновных носителей заряда;
- рассчитана и реализована конструкция фронтальной контактной системы с высокой плотностью полосковых контактов для приема-преобразования сверхмощного ЛИ.

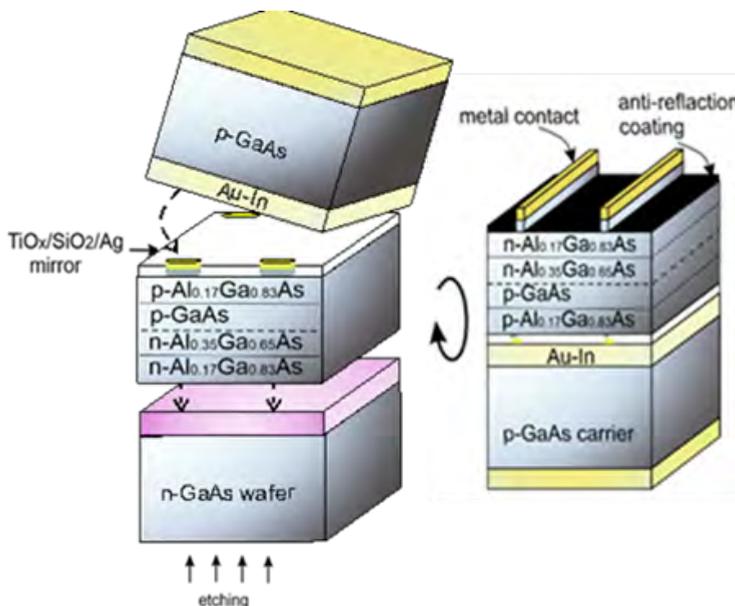
В итоге, по сравнению даже с наиболее эффективными на сегодняшний день устройствами на основе гетероперехода AlGaAs/GaAs, максимальный КПД достигается при плотностях световой мощности на порядок выше, а КПД  $\sim 60\%$  (Рис. 16) сохраняется вплоть до значений мощности  $0,5 \text{ кВт/см}^2$ , что в два раза выше, чем у лучших аналогов.

Организация: ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН.

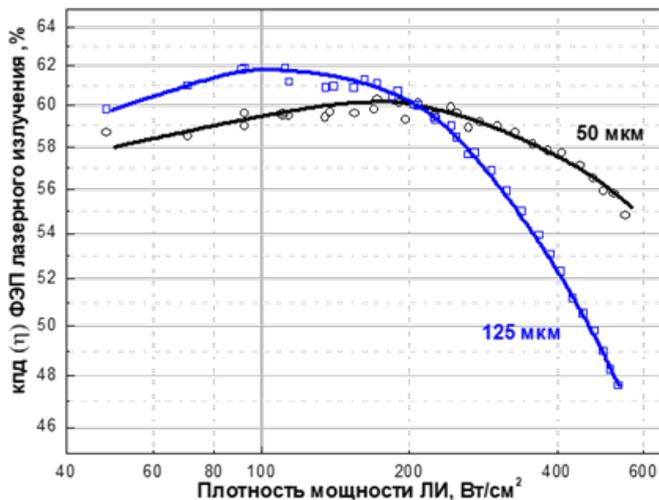
Авторы: Калужный Н.А., Малевская А.В., Минтаиров С.А., Минтаиров М.А., Нахимович М.В., Салий Р.А., Шварц М.З., Андреев В.М.

*Публикация:*

N.A. Kalyuzhnyy et. al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells, v.262, 2023, ArtNo: #112551.



**Рис. 15.** Иллюстрация разработанной технологии «переноса» гетероструктуры на опорную подложку с последующим склеиванием



**Рис. 16.** Зависимости от плотности мощности ЛИ КПД ФЭП ЛИ с двумя разработанными топологиями лицевого контакта (различный шаг контактных полосок): 1) для мощного ЛИ с максимальным КПД ~ 62% при РЛИ= 100 Вт/см<sup>2</sup>; 2) для сверхмощного ЛИ с максимальным КПД ~ 60% при РЛИ = 100 Вт/см<sup>2</sup> при поддержании энергоэффективности > 56% вплоть до 500 Вт/см<sup>2</sup>.

#### 4. Субмикронная фокусировка синхротронного излучения с использованием нанофокусирующих составных преломляющих линз из кремния

Впервые на Курчатовском источнике синхротронного излучения (КИ-СИ-Курчатов) реализована субмикронная фокусировка пучка синхротронного излучения (СИ) с использованием планарных составных преломляющих линз (СПЛ). Для фокусировки использовали планарные нанофокусирующие СПЛ с апертурой 50 мкм, сформированные с применением технологий микроstructuring поверхности кремния. С целью определения поперечного размера сфокусированного пучка был применен новый метод, заключающийся в измерении угловой расходимости пучка СИ после СПЛ с использованием совершенного монокристалла. Полученные экспериментальные данные продемонстрировали, что кремниевые СПЛ способны фокусировать когерентный пучок СИ до размера менее 50 нм. (Рис. 17)

Организация: ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Исполнители: Фоломешкин М.С.1,2, Кон В.Г.1,2, Волковский Ю.А.1,2, Серёгин А.Ю.1,2, Просеков П.А.1,2, Юнкин В.А.4, Зверев Д.А.3, Баранников А.А.3, Снигирёв А.А.3, Писаревский Ю.В.1,2, Благов А.Е.1,2, Ковальчук М.В.1,2

1 ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

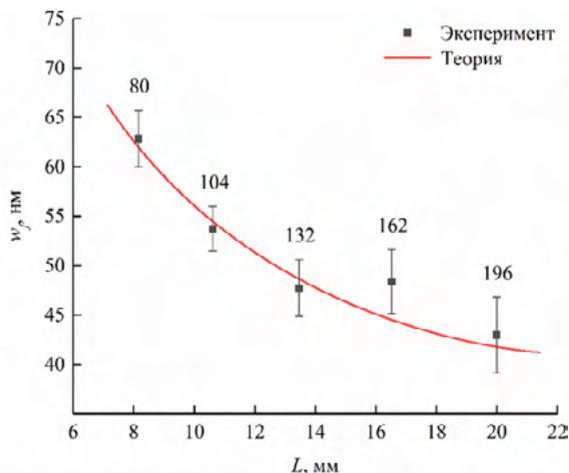
2 НИЦ «Курчатовский институт»

3 Балтийский федеральный университет им. И. Канта

4 Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН

*Публикация:*

Фоломешкин, М.С. Новый метод определения размера пучка синхротронного излучения в фокусе составной преломляющей линзы / М.С. Фоломешкин, В.Г. Кон, А.Ю. Серёгин, Ю.А. Волковский, П.А. Просеков, В.А. Юнкин, Д.А. Зверев, А.А. Баранников, А.А. Снигирёв, Ю.В. Писаревский, А.Е. Благов, М.В. Ковальчук. // Кристаллография. – 2023. – Т. 68. – № 1. – С. 5-10. DOI: 10.31857/S0023476123010071.

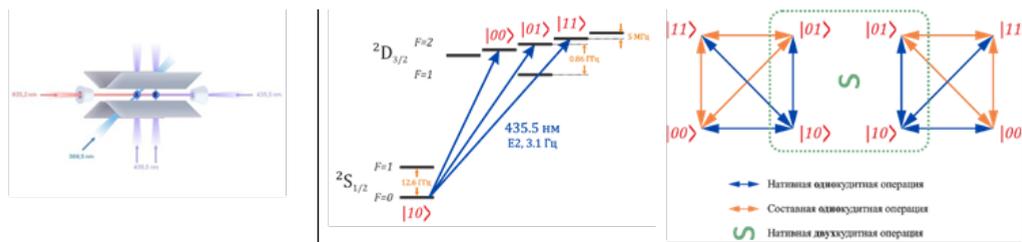


**Рис. 17.** Экспериментальные значения размера пучка СИ в фокусе ( $w_f$ ) для СПЛ различной длины ( $L$ ) в сравнении с теоретическим расчетом. Числами над экспериментальными точками указано число фокусирующих элементов СПЛ

### 5. 4-х кубитный ионный квантовый вычислитель с оптически адресуемыми кудитами

Создан первый в России квантовый вычислитель на ионах  $Yb^+$  с регистром из двух ионов, в котором для кодирования информации используются 4 электронных уровня, что соответствует 4 кубитам. Кудиты являются оптически адресуемыми и кодируются на зеемановских подуровнях квадрупольного часового перехода на длине волны 435 нм. Продемонстрирован универсальный набор однокудитных операций и 2-кудитный гейт Мельмера-Соренсена, что эквивалентно универсальному 4-кубитному процессору.

В связи с чувствительностью зеемановских подуровней с  $mF \neq 0$  к флуктуациям магнитного поля основным ограничивающим использование кудитов фактором является малое время когерентности кудитных состояний. Однако благодаря симметрии энергетической структуры уровней иона  $Yb^+$  существует возможность подавить шумы магнитного поля. Продемонстрированы две схемы динамического подавления дефазировки кудитных состояний с использованием монохроматического и бихроматического микроволновых полей, что позволило на порядок увеличить время когерентности кудитных состояний.



**Рис. 18.** Слева: одноsegmentная линейная ловушка Пауля для захвата ионов  $Yb^+$  (два иона обозначены символами А и В). Лазерное излучение, обозначенное голубым (369,5 нм) и красным (935 нм), обеспечивают доплеровское охлаждение и перекачку, соответственно. Фиолетовым обозначено лазерное излучение (435 нм), реализующее охлаждение до основного колебательного состояния и двухкубитные вентили. В центре: схема уровней в ионе  $Yb^+$ , используемых для кодирования кудита. Справа: возможные операции на двух ионах.

Организация: ФИАН (Лаборатория сложных квантовых систем).

Авторы: Борисенко А.С., Заливако И.В., Семериков И.А., Семенин Н.В., Сидоров П.Л., Хабарова К.Ю., Колачевский Н.Н.

*Публикации:*

Aksenov M. A. et al. Realizing quantum gates with optically addressable Yb<sup>+</sup> 171 ion qudits //Physical Review A. – 2023. – Т. 107. – №. 5. – С. 052612. DOI: 10.1103/PhysRevA.107.052612

Zalivako I.V. et al. Continuous dynamical decoupling of optical 171Yb<sup>+</sup> qudits with radiofrequency fields//Front. Quantum. Sci. Technol. – 2023. –Т. 2. – С. 1228208. doi: 10.3389/frqst.2023.1228208

## **6. Мультиспектральная дифференциальная диагностика злокачественных новообразований кожи**

Исследования показали, что микроспектроскопия комбинационного рассеяния чувствительна к основным биохимическим изменениям раковых клеток на микроскопическом уровне и таким образом, способна обнаруживать специфические молекулярные аномалии (биомаркеры) в биологических тканях. На основании полученных данных были замечены отчетливые спектральные различия в спектрах комбинационного рассеяния базальноклеточной карциномы, плоскоклеточной карциномы и папилломы по сравнению со здоровой кожей. Анализ спектров комбинационного рассеяния света при различных длинах волн возбуждения (532, 785 и 1064 нм) позволил предложить два новых, не зависящих от длины волны спектральных критерия, относящихся к различным вибрациям липидов клеточных мембран как биомаркеров. Метод разрешения многомерной кривой (MCR-ALS) при анализе спектров комбинационного рассеяния света новообразований кожи на всех длинах волн подтвердил правильный выбор спектральных полос для двух новых, независимых от длины волны спектральных критериев, указывая на решающий вклад липидов клеточных мембран (в частности, триолеина) в качестве биомаркеров. Данная работа представляет весомый прорыв в оценке морфологии новообразований кожи, который позволит значительно облегчить дифференциальную диагностику и верификацию новообразований кожи.

Организация: ФИАН (Лаборатория лазерной нанофизики и биомедицины отделения квантовой радиофизики).

Авторы: Римская Е.Н., Сараева И.Н., Шелыгина С.Н., Тимурзиева А.Б., Кудрин К.Г., Переведенцева Е.В., Мельник Н.Н., Кудряшов С.И.

*Публикация:*

Rimskaya E.; Shelygina S.; Timurzieva A.; Saraeva I.; Perevedentseva E.; Melnik N.; Kudrin K.; Reshetov D.; Kudryashov S. Multispectral Raman Differentiation of Malignant Skin Neoplasms In Vitro: Search for Specific Biomarkers and Optimal Wavelengths. Int. J. Mol. Sci. 2023, 24, 14748. <https://doi.org/10.3390/ijms241914748>

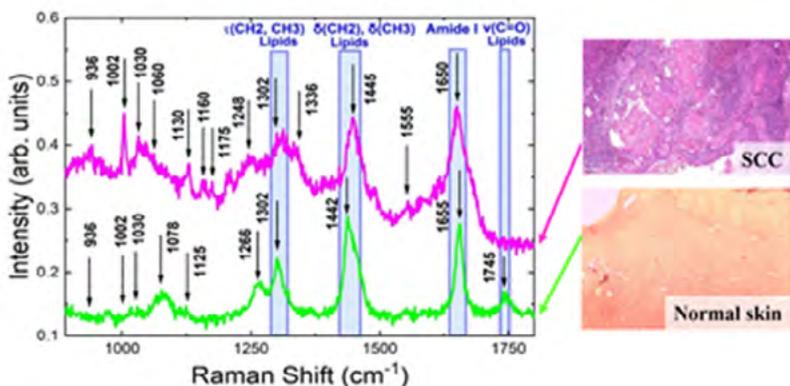


Рис. 19. Спектры комбинационного рассеяния плоскоклеточной карциномы (SCC) и нормальной кожи (Normal skin)

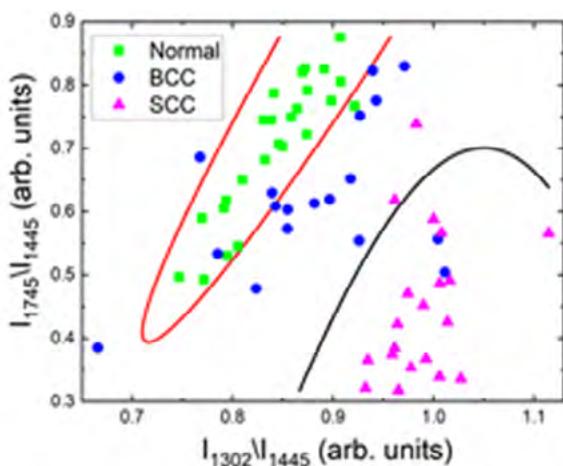


Рис. 20. Классификация новообразований кожи при лазерном возбуждении с длиной волны 532 нм с помощью двух спектральных критериев

## Секция Ядерной физики

### 1. Определен вклад сильных взаимодействий в аномальный магнитный момент мюона.

На электрон-позитронном коллайдере **ВЭПП-2000** осуществляется набор экспериментальных данных с постоянным наращиванием эффективности, при этом достигнута рекордная средняя светимость  $\geq 2.5\text{--}5 \cdot 10^{31} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$  и суточный темп набора данных  $1.5\text{--}2 \text{ пб}^{-1}$ .

Эксперименты по физике частиц проводятся на двух детекторах – СНД и КМД-3. В эксперименте с детектором КМД-3 впервые измерено сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$  в области энергии от 320 до 1200 МэВ. Результат основан на рекордном в мире объеме экспериментальной статистики.

Процесс  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$  определяет вклад сильных взаимодействий в аномальный магнитный момент мюона  $a_\mu$ . При использовании результата КМД-3 предсказание Стандартной модели для  $a_\mu$  согласуется с наблюдаемым в эксперименте значением в пределах 0.9 стандартных отклонений.

В эксперименте с детектором СНД в диапазоне энергии 1.07–2.00 ГэВ с наилучшей точностью измерены сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma$  и процесса  $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ .

Организация: ИЯФ СО РАН.

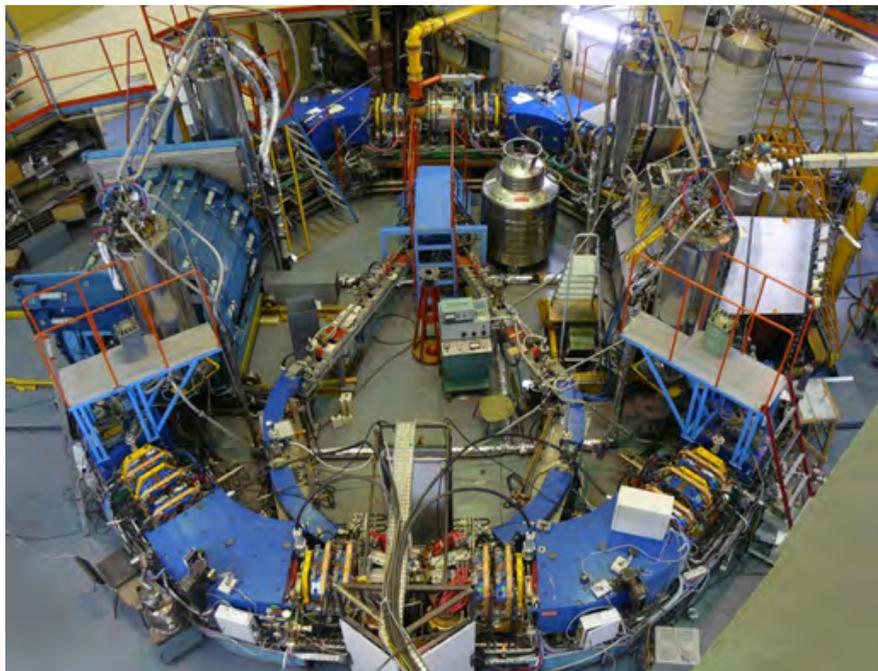


Рис. 21. Электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000

## 2. Открыто пять новых сверхтяжелых нуклидов: 288Lv, 275Ds, 276Ds, 272Hs и 268Sg.

На ускорительном комплексе «Фабрика сверхтяжелых элементов» впервые выполнены эксперименты по синтезу изотопов  ${}_{110}\text{Ds}$  в реакциях слияния  ${}^{48}\text{Ca}+{}^{232}\text{Th}$  и  ${}^{40}\text{Ar}+{}^{238}\text{U}$ , а также изотопов  ${}_{116}\text{Lv}$  в реакции  ${}^{54}\text{Cr}+{}^{238}\text{U}$ . Важный результат этих экспериментов — измерение фактора падения сечения при переходе от реакций с пучком  ${}^{48}\text{Ca}$  к более тяжелому пучку  ${}^{54}\text{Cr}$ , а также получение стабильно высокого тока пучка  ${}^{54}\text{Cr}$ . Была показана возможность проведения экспериментов при экстремально низком сечении – 70 фб. Открыто пять новых сверхтяжелых нуклидов:  ${}^{288}\text{Lv}$ ,  ${}^{275}\text{Ds}$ ,  ${}^{276}\text{Ds}$ ,  ${}^{272}\text{Hs}$  и  ${}^{268}\text{Sg}$ . Выполненные исследования имеют принципиальное значение для постановки экспериментов по синтезу новых элементов Периодической таблицы Д.И. Менделеева.

Организация: ОИЯИ.

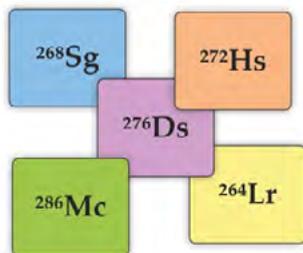


Рис. 22. Открыто пять новых сверхтяжелых нуклидов: 288Lv, 275Ds, 276Ds, 272Hs и 268Sg

### 3. Успешно завершён важный этап реализации национального проекта класса mega-science — коллайдера тяжёлых ионов НИКА.

Введен в эксплуатацию инжекционный комплекс установки НИКА, в состав которого входят: криогенный источник частиц, линейный ускоритель тяжёлых ионов, каналы транспортировки пучков, два сверхпроводящих ионных синхротрона – новый (Бустер, 25 Тл-м) и действующий модернизированный НУКЛОТРОН(45 Тл-м). Получены проектные параметры, подтверждена корректность конструктивных решений, принятых при сооружении. Инжекционный комплекс стабильно отработал в автономном режиме в течение 4-х месяцев в физическом эксперименте с фиксированной мишенью (экспериментальная установка VM@N), проведенном при сотрудничестве 15 научных центров. В эксперименте получено более  $5 \cdot 10^8$  зарегистрированных событий столкновений ускоренных ионов ксенона  $^{124}\text{Xe}^{+28}$  с ядерной мишенью при энергии 3.2 МэВ/А. Успех эксперимента обеспечило использование системы электронного охлаждения на ионном синхротроне Бустер. Это позволило удвоить количество частиц, ускоряемых в цикле синхротрона НУКЛОТРОН, и, соответственно, удвоить скорость набора статистики. Установка для электронного охлаждения ионных пучков НИКА, созданная в ИЯФ СО РАН, успешно введена в строй впервые в России и испытана в действии. Во время сеанса работы инжекционного комплекса в 2023 году получено время охлаждения ионов в 70 мсек, что является мировым рекордом.

Организации: ОИЯИ, ИЯФ СО РАН.

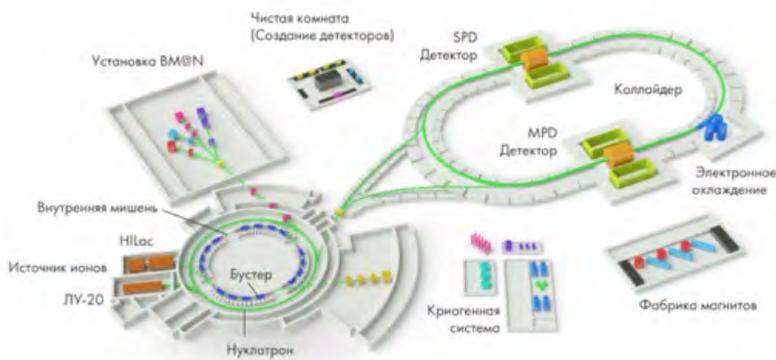


Рис. 23. Комплекс NICA

#### **4. Кольцевой источник синхротронного излучения 4-го поколения ЦКП СКИФ**

Запущена первая очередь линейного ускорителя электронов — инжектора сооружаемого кольцевого источника синхротронного излучения 4-го поколения ЦКП СКИФ. Получен пучок на выходе с параметрами, соответствующими расчетным значениям по энергии 34 МэВ и заряда одиночного сгустка до 1 нКл.

Достигнутые параметры на выходе ускоряющей структуры способны обеспечить последующее ускорение в линейном ускорителе до энергии 200 МэВ для дальнейшей инжекции в синхротрон-бустер ЦКП СКИФ. При этом разработан, изготовлен, прошел испытания первый действующий прототип клистрона S-диапазона с импульсной мощностью 50 МВт. Основные элементы клистрона спроектированы и изготовлены в опытном производстве ИЯФ СО РАН. Изготовление рабочего варианта клистрона является важным шагом на пути замещения импортных приборов подобного класса, которые в настоящее время в Российскую Федерацию не поставляются.

Организация: ИЯФ СО РАН.



**Рис. 24.** Линейный ускоритель – одна из основных частей ускорительного комплекса СКИФ

#### **5. Обнаружены корреляции направлений прихода нейтринных событий на глубоководном нейтринном телескопе Baikal-GVD с высокоэнергетическими астрофизическими источниками**

С вводом в апреле 2023 года двух новых кластеров рабочий объем Байкальского глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD превысил значение 0.5 куб. км в задаче регистрации событий от нейтрино высоких энергий (свыше 100 ТэВ).

Детектор содержит в своем составе 12 кластеров глубоководных гирлянд регистрирующей и управляющей аппаратуры с общим числом 3456 оптических модулей и сохраняет позицию крупнейшего в мире нейтринного телескопа Северного полушария.

При анализе данных обнаружены корреляции с радио-яркими блазарами каскадных событий с энергиями, превышающими 100 ТэВ. Анализ указывает на наличие ассоциации как с экстрагалактическими, так и с галактическими астрофизическими источниками.

В частности, представлен анализ наблюдаемого триплета нейтринных кандидатов в галактической плоскости, исследована их потенциальная связь с определенными галактическими источниками, рассмотрено совпадение направлений прихода каскадных событий с несколькими яркими блазарами.

Организации: ИЯИ РАН, ОИЯИ, коллаборация Baikal-GVD



**Рис. 25.** Ввод новых кластеров байкальского глубоководного детектора в исследованиях потоков нейтрино высоких энергий астрофизического происхождения

## **НАНОТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **Состояние и прогноз развития**

#### ***В области информационных технологий и автоматизации***

Проблема зависимости от программного обеспечения иностранного производства сейчас требует самого пристального внимания. Используемые операционные системы, системы управления базами данных, офисные пакеты имеют в основном иностранное происхождение и являются или полностью закрытыми и коммерческими, или основаны на открытом программном обеспечении. Значительная часть программного обеспечения использует автоматические обновления, при этом пользователи этих систем вынуждены доверять производителям этого программного обеспечения. Поэтому актуальными являются задачи создания методов разработки и анализа программного обеспечения, способные существенно ускорить процесс создания новых программ, вплоть до разработки методов искусственного интеллекта, предназначенных для понимания и синтеза программ.

Развитие всех современных отраслей промышленности невозможно без применения больших баз данных и искусственного интеллекта, что требует ускоренного развития нейронных сетей, методов машинного обучения. Благодаря применению графических ускорителей для нейросетевых вычислений произошёл качественный переход, приведший к увеличению на несколько порядков объёмов исполь-

зуемых нейронных сетей, что позволило решать ряд задач, алгоритмы решения которых ранее не существовали. Появились новые нейросетевые архитектуры, технологии глубокого обучения, которые позволяют решать такие задачи, как анализ изображений, генерация изображений и других видов информации, анализ и генерация текстов. Для решения указанных задач по отдельности уже существуют программные продукты и сервисы (например, анализ КТ/МРТ изображений лёгкими методами ИИ). Целесообразно переходить к постановке задач мультимодальной обработки данных. Это потребует применения подходов комплексирования алгоритмов анализа данных.

Существенный прогресс в создании новых методов искусственного интеллекта, в первую очередь машинного обучения, позволили решать многие прикладные задачи. Выросло применение машинного обучения и искусственного интеллекта в науке, особенно в биологии и медицине. Наблюдается рост работ по предсказанию свойств лекарственных препаратов, анализу геномных данных, обработке и анализу биомедицинских изображений. Создаются банки данных с медицинскими электронными записями, доступными для обучения ИИ, преимущественно в кардио- и онконаправлениях.

Внедрение технологий искусственного интеллекта потребовало решения новой важнейшей задачи – обеспечения безопасности в сфере использования искусственного интеллекта. Помимо классических уязвимостей программного обеспечения, технологии искусственного интеллекта являются источниками новых типов ошибок, которые предоставляют новые возможности для проведения атак злоумышленниками. Очень важно сейчас исследовать математические аспекты безопасности искусственного интеллекта – вопросы киберэтики и применять криптографию.

Применение искусственного интеллекта позволяет решать сложные задачи хаотической динамики и управления, нелинейные системы дифференциальных уравнений, создавать новые аналитико-компьютерные технологии исследований, описывать многочисленные естественнонаучные и социально-экономические процессы. Работы по созданию природоподобных и человекоподобных систем также требуют применения методов, основанных на использовании искусственного интеллекта.

В современных условиях на первый план выходит проведение фундаментальных исследований в следующих направлениях:

- искусственный интеллект, нейровизуализация как перспективный метод изучения функциональных структур мозга и трансляции этого понимания на алгоритмы ИИ;
- квантовые компьютеры, квантовая информатика и криптография;
- новые программные средства следующего поколения (языки высокого уровня для создания прикладных систем ИИ), их архитектура и информационная безопасность, системное программирование;
- системы автоматизированного проектирования для перспективной элементной базы;
- системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов;
- технологии построения и функционирования человеко-машинных сообществ;

- теория систем управления и информационно-управляющих систем, методы и средства управления многоуровневыми и распределенными динамическими системами в условиях неполной информации;
- теория информации, научные основы информационно-вычислительных систем и сетей, информатизации общества.

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

Современное состояние науки и технологий в области радиотехнических, локационных и телекоммуникационных систем в Российской Федерации характеризуется развитием технологий доступа к широкополосным мультимедийным услугам; переходом к новым цифровым технологиям в информационных, управляющих, навигационных системах; созданием высокоскоростных систем управления новыми видами транспортной техники, в том числе беспилотными аппаратами.

Существующие телекоммуникационные системы практически полностью собраны на основе зарубежной элементной базы и используют зарубежное программное обеспечение. Фундаментальные исследования в области телекоммуникационных систем связаны с проблемами кодирования данных и созданием надежных каналов связи в различных частотных диапазонах от низких частот до светового диапазона. Основные проблемы относятся к распространению электромагнитных волн в различных средах, а также, применительно к элементной базе, к созданию соответствующих генераторов и усилителей.

Большое технологическое отставание в области производства вычислительной техники ставит первостепенной задачей формирование научных основ разработки современного оборудования для создания элементной базы современных вычислительных устройств. При этом на передний план выходит разработка новых методов вычислений, допускающих решение специализированных классов задач, таких как задачи управления, создание искусственных нейронных сетей и искусственного интеллекта, параллельные вычисления, обработка изображений, квантовые вычислители и т.д.

В области локационных систем необходимо решение проблемы создания элементной базы радиофотоники и разработки новых оптических методов обработки информации. Это позволит радикально улучшить характеристики радиотехнических устройств. Для микроэлектроники, также и для традиционной мощной электроники, разрабатываются вакуумные электронные приборы на основе последних достижений углеродной наноэлектроники. Они должны позволить получить устойчивую и долговечную электронную автоэмиссию из массива углеродных нанотрубок, что радикально изменит облик вакуумной электроники.

Большое внимание уделяется созданию информационно-измерительных комплексов пассивной и активной локации химических соединений в открытой атмосфере и на различных поверхностях. Такие приборы позволяют в режиме реального времени регистрировать и идентифицировать широкий перечень загрязнителей для решения задач экологии и промышленной безопасности, в частности, определения выбросов в атмосферу парниковых газов.

В рамках развития САПР сформирована карта маршрутов проектирования электроники и проведен анализ уровней готовности отечественных решений по

ключевым направлениям САПР. Выявлены направления, по которым заделы практически отсутствуют.

Исследования в области микро- и нанoeлектроники ведутся в нашей стране возрастающими темпами, так как это непосредственно связано с обеспечением безопасности страны. Дальнейшее развитие этого направления должно основываться на новых подходах, прежде всего, принципиально радиационно-стойких и устойчивых к различным видам воздействия.

Разработка сенсоров различных физических величин является передовой областью исследований во всем мире. При этом новым и наиболее перспективным подходом является использование квантово-механических эффектов, что позволяет достигать предельной чувствительности и точности измерений. В ведущих мировых лабораториях США (MIT, Caltech, NIST), Австрии (IQOQI), Швейцарии (IQE), Сингапура (CQT), Швеции (Scienta Omicron), Германия (Focus) и др. проводятся масштабные исследования в области сенсоров на основе квантовых материалов и систем.

Представляется необходимым для обеспечения технологического суверенитета страны разработка технологий создания новых квантовых материалов и новой компонентной базы сенсорики на основе квантовых материалов, изучения их фундаментальных физических закономерностей и практической реализации семейства сенсоров нового поколения с беспрецедентной чувствительностью, точностью и селективностью для измерения электрических, магнитных, механических и оптических величин, зарядовых и спиновых состояний, сенсоров для квантовой метрологии, включая дискретные и матричные фотоприемники от ультрафиолетового до терагерцового спектрального диапазона; лавинные фотодиоды; сенсоры давления, положения, угловых и линейных перемещений, детектирования сверхнизких концентраций вещества; квантовые сенсоры на основе ридберговских атомов с предельной чувствительностью регистрации СВЧ-излучения.

Проводятся работы по решению проблемы синтеза пространственно-неоднородных сред с целью создания устройств нового типа, работающих в видимом и терагерцовом диапазонах длин волн. Такие высокоэффективные устройства, преобразующие энергию электромагнитных волн в постоянный ток, позволят, в частности, осуществить передачу энергии с помощью лазерного луча в системах спутник-спутник и спутник-земля.

Круг задач, относящихся к этому направлению, значительно шире и связан с целым комплексом сопутствующих направлений исследований в областях приема и обработки сигналов генераторов и усилителей микроволновых диапазонов, в том числе большой единичной мощности, численного моделирования в электродинамике и электронике, а также созданию отечественных пакетов программ. К локационным системам следует отнести также и различные задачи биомедицины, связанные с электромагнитным зондированием и воздействием на человека.

Разработка новых методов медицинской диагностики человека включает создание уникальных датчиков для измерения электромагнитных полей в различных диапазонах длин волн, обработку больших массивов данных, решение обратных задач 3D-распределения электрофизических характеристик биологических сред. Ведутся работы по существенному уменьшению массогабаритных характе-

ристик магниторезонансных томографов за счет уменьшения напряжённости магнитного поля и одновременного увеличения чувствительности датчиков его измерения с помощью использования СКВИДов. Перспективной прикладной задачей является разработка технологий нейроимплантов, позволяющих компенсировать утраченные функции мозга в процессе старения или хирургических операций. На основе элементов искусственного интеллекта ведется разработка ассистирующих комплексов для диагностики социально-значимых заболеваний. Большое внимание уделяется созданию приборов для экспресс-диагностики заболеваний человека по биомаркерам. Для этого разрабатываются оптико-электронные приборы, использующие перестраиваемые квантово-каскадные лазеры.

Одной из самых актуальных задач является создание элементной базы для реализации квантовых методов вычислений. Проведены успешные работы по созданию полупроводникового спин-детектора свободных электронов с пространственным разрешением. Этот результат важен для эффективного поиска новых квантовых материалов с необычной спиновой текстурой и решения принципиально новых фундаментальных и прикладных задач в области спинтроники и квантовых вычислений. Проведены исследования в области квантовых вычислений на основе одиночных ультрахолодных атомов в оптических ловушках. Получение массивов таких ловушек для холодных атомов щелочных металлов является основной задачей на пути реализации масштабируемого квантового компьютера на нейтральных атомах.

В перспективе необходимо развивать фундаментальные исследования, обеспечивающие решение ряда проблем, в том числе связанности территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных, локационных и телекоммуникационных систем, а также создания распределенных систем беспилотных аппаратов и сетей управления за счет внедрения и использования аддитивных и когнитивных технологий при разработке методов и средств работы систем передачи информации в широкополосных ионосферных и трансionoсферных радиоканалах с негативными эффектами дисперсии; методов преодоления влияний мезо- и крупномасштабных опасных метеорологических явлений, в том числе при освоении Арктики; создания методов и средств с возможностями повышения пространственной разрешающей способности спутниковых СВЧ систем, мониторинга морской поверхности и земных покровов; создания методов и средств приема крайне низкочастотного излучения в волноводе Земля-ионосфера.

Дальнейшее развитие фундаментальных исследований будет осуществляться в следующих направлениях:

- опто-, радио-, акустоэлектроника, акустооптика, оптическая и СВЧ-связь, лазерные технологии, плазмоника и спинтроника, инфракрасная техника и фотоника;
- элементная база микро- и нанoeлектроники, включая силовую, радиационно-стойкую, МЭМС;
- высокопроизводительные энергоэффективные вычислительные системы;
- технологии нейроимплантирования;
- твердотельная электроника;
- квантовые компьютеры и квантовые вычисления;
- геоинформационные технологии и системы, локационные системы.

### ***В области нанотехнологий***

В рамках реализации «дорожной карты» по квантовым вычислениям успешно ведутся работы по созданию отечественных источников и детекторов одиночных фотонов и развиваются подходы к созданию интегральных чипов квантовых компьютеров на базе ионов в ловушках и сверхпроводниковых джозефсоновских элементов.

Достигнуты существенные успехи в области создания низкоразмерных полупроводниковых гетероструктур и приборов на их основе. Разработана технология нитрид-галлиевых гетероструктур для СВЧ транзисторов на сверхвысокоомных эпитаксиальных структурах кремния. Совершенствуются технологии фото- и рентгенолитографии, ведутся работы в области фотоники и создания фотонных интегральных схем.

Разработан метод лазерной печати плазмонных метаповерхностей, что открывает перспективы масштабируемого производства нового класса высокочувствительных оптоэлектронных и сенсорных устройств для ближнего ИК диапазона.

Исследования в области нанотехнологий открыли принципиально новые возможности для перехода от классических дифракционных методов исследования атомной структуры к трехмерной визуализации атомной структуры разупорядоченных и частично упорядоченных субмикронных объектов и разработки новых технологий синтеза и диагностики наноструктурированных и гибридных материалов. Синхротронные и нейтронные методы нанодиагностики, поддержанные развитием суперкомпьютерных технологий моделирования сложных наноразмерных биологических систем, обеспечили создание новых прорывных природо-подобных технологий. Создание синхротронных источников со сверхмалым эмиттансом сегодня является мировым трендом и обеспечивает странам, реализующим проекты таких установок, технологическое лидерство и независимость.

Впервые в Российской Федерации разработана и запущена в серийное производство технология микрофлюидных ячеек массового параллельного секвенирования ДНК. Разработан не имеющий аналогов в мире алмазный нанотермометр, открывающий беспрецедентные возможности для ультралокального термодинамического контроля и управления биологическими процессами в живой клетке.

В области нанотехнологий дальнейшее развитие фундаментальных исследований будет проходить по следующим основным направлениям:

- разработка методов литографии сверхвысокого разрешения для технологий микро- и нанoeлектроники;
- создание материалов с заданными свойствами для микро- и нанoeлектроники, включая аддитивные нанотехнологии, наностереолитографию для нанoeлектроники, оптоэлектроники;
- разработка элементной базы для перспективных информационно-вычислительных систем, работающих на новых физических принципах;
- формирование наночастиц для биофотоники, биовизуализации, биомедицины, медицинской диагностики и терапии. Нанотехнологии для создания биочипов, биомолекулярные сенсоры;
- структурная диагностика материалов и диагностика динамики нестационарных состояний с высоким пространственным и временным разрешением. Применение электронных, нейтронных, оптических и рентгеновских пучков сверх-

короткой длительности и высокой интенсивности для создания и исследования наноструктур и биологических молекул;

- методы нанодетекции и нанодиагностики заболеваний. Разработка нанолечарств, нановакцин и механизмов их адресной доставки. Применение лазерных и нанотехнологий в клеточных и геномных исследованиях, а также для клеточной инженерии.

## **Важнейшие результаты за 2023 год научных организаций, находящихся под научно-методическим руководством ОНИТ РАН**

### **Секция информационных технологии и автоматизации**

#### **1. Семейство методов планирования траектории для мобильных агентов и их групп, опирающихся на оригинальную комбинацию эвристического поиска и машинного обучения**

Задачи планирования траектории весьма актуальны в современной робототехнике, транспортных, логистических системах, и др. Обычно при решении таких задач рабочее пространство представляется в виде графа регулярной декомпозиции (графа-сетки) и планирование траектории сводится к поиску пути на этом графе. Классические алгоритмы поиска (Дейкстры,  $A^*$  и др.) являются итеративными. При этом они никак не учитывают расположение препятствий, из-за чего зачастую совершают чрезмерное число итераций прежде, чем найти решение. Для устранения этого недостатка была предложена интеграция классических методов планирования с современными нейросетевыми моделями, которые ответственны за анализ графа и определение наиболее перспективных для поиска областей, как показано на Рис. 26. В результате такой интеграции число итераций поиска сокращается в среднем в 3-4 раза.

Также актуальным в настоящее время является многоагентный вариант задачи планирования, когда необходимо построить совокупность неконфликтных путей для множества агентов. Если коммуникация между агентами затруднена, то необходима разработка децентрализованных подходов к решению этой задачи. Для решения этой задачи предложен новый подход, опирающийся на комбинацию эвристического поиска и обучение с подкреплением. За счет предложенной комбинации удалось достичь эффективного баланса между долгосрочным планированием и краткосрочным принятием решений, что подтверждается многочисленными экспериментами, результаты которых показывают заметное превосходство предложенного метода над современными мировыми аналогами.

Разработанные коллективом авторов методы планирования могут находить широкое применение в современных роботизированных системах, применяемых в логистике (автоматизированные складские комплексы), транспорте (беспилотные автомобили), поиске и спасении (поисковые мобильные роботы, дроны) и др.

Организация: ФИЦ ИУ РАН.

Авторы: Андрейчук А.А., Кирилленко Д.Е., Панов А.И., Скрынник А.А., Яковлев К.С.

*Публикации:*

Kirilenko D., Andreychuk A., Panov A., Yakovlev K. TransPath: Learning Heuristics for Grid-Based Pathfinding via Transformers // In Proceedings of the 37th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2023). pp. 12436-12443. doi: 10.1609/aaai.v37i10.26465.

Skrynnik A., Andreychuk A., Yakovlev K., Panov A.I. When to Switch: Planning and Learning for Partially Observable Multi-Agent Pathfinding // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2023. doi: 10.1109/TNNLS.2023.3303502.



**Рис. 26.** Слева – области поиска при планировании пути стандартным методом эвристического поиска. По центру – предсказание наиболее вероятных областей для поиска маршрута. Справа - результат планирования с учетом этих предсказаний.

## **2. Цифровая платформа экологического мониторинга Байкальской природной территории**

Разработана цифровая платформа (Рис. 27.) и распределенная сеть комплексного экологического мониторинга больших природных территорий, обеспечивающая сбор (5 направлений мониторинга, интервал регистрации 1-5 сек. ежедневно более 20 Гбайт разноформатных данных), хранение, обработку больших массивов гетерогенных пространственно-временных данных, а также анализ и прогнозирование экологической обстановки на основе комплекса математических моделей, сервисов и методов машинного обучения.

Организация: ИДСТУ СО РАН.

Авторы: Авраменко Ю.В., Бычков И.В., Гаченко А.С., Попова А.К., Фереферов Е.С., Фёдоров Р.К., Хмельнов А.Е.

*Публикации:*

Bychkov I.V., Madzhara T.I., Novopashin A.P., Fereferov E.S., Feoktistov A.G., Fedorov R.K. Information and computing resources of IREC: infrastructure, data, applications // Journal of Computational Technologies. 2023. Vol. 28, no. 3, pp. 117–135. DOI: 10.25743/ICT.2023.28.3.008. (Scopus Q4).

Bychkov I.V., Fedorov R.K., Fereferov E.S. Instrumental components of the digital platform for environmental monitoring of the Baikal natural territory // Journal of Computational Technologies. 2023. Vol. 28, no. 6, pp. 95–107. DOI: 10.25743/ICT.2023.28.6.009. (Scopus Q4).



Рис. 27. Цифровая платформа

### 3. Динамико-стохастический подход к моделированию приращений потоков тепла для изучения климатической изменчивости в системе «атмосфера-океан»

Классические модели взаимодействия в системе «атмосфера-океан» базируются на значениях скрытых и явных потоков тепла. Предложена динамико-стохастическая модель для приращений потоков, а также набор вычислительных статистических процедур оценивания (реконструкции) ее случайных параметров – многомерного вектора сноса и матрицы диффузии – и связанных с ними значений корреляции и соотношений между параметрами по всей акватории. Модель сочетает достоинства как классических динамических моделей со случайным форсингом, так и схем с разделением процесса на тренды, периодическую и случайную составляющую. При решении лежащих в основе модели стохастических дифференциальных уравнений возникают распределения с «тяжелыми хвостами», для которых актуально исследование аналитических свойств.

Предложенный стохастический подход реализован в виде специализированного программного комплекса (Рис. 28.) и успешно использован для изучения региональных и глобальных особенностей переноса тепла между океаном и атмосферой в Северной Атлантике за период 1979–2022 гг. с учетом их временной изменчивости.

Методология открывает перспективы для прогнозирования взаимосвязей различных геофизических величин, включая потоки тепла, температуру поверхности океана и давление для определения вероятностей появления «катастрофических» событий в виде экстремально больших значений, в том числе с использованием методов искусственного интеллекта.

Организация: ФИЦ ИУ РАН.

Авторы: Беляев К.П., Горшенин А.К., Королев В.Ю., Осипова А.А.

Публикации:

Gorshenin A. K., Osipova A. A., Belyaev K. P. Stochastic analysis of air-sea heat fluxes variability in the North Atlantic in 1979–2022 based on reanalysis data // Computers & Geosciences, 2023. Vol. 181. Art. No. 105461. DOI: 10.1016/j.cageo.2023.105461.

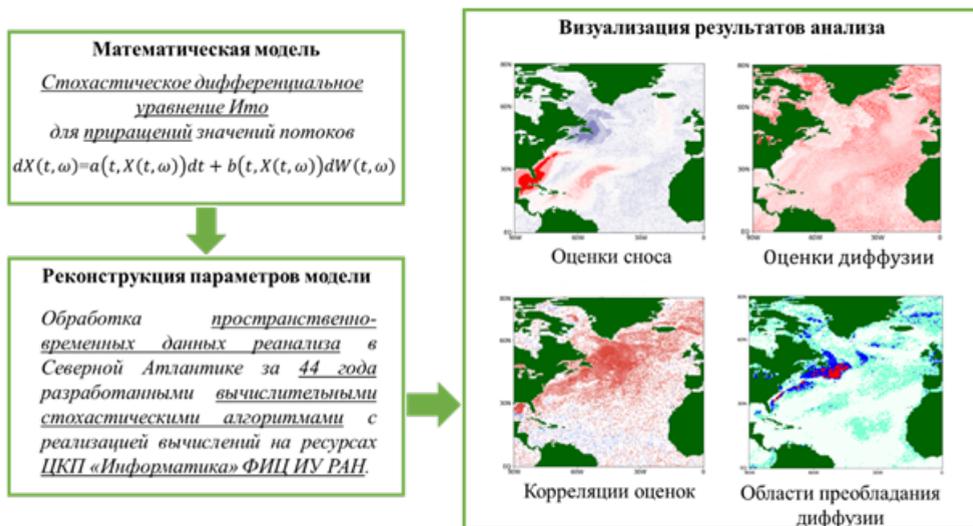


Рис. 28. Фреймворк стохастического анализа изменчивости потоков тепла

#### 4. Методы и программные средства автоматизации процесса подбора профильных специалистов на основе видеointервью и активностей в социальных сетях

Разработаны методы и программные средства автоматизации процесса подбора профильных специалистов (Рис. 29.) с применением глубоких нейронных сетей для интеллектуального анализа видеointервью и активностей в социальных сетях (число друзей, постов, фото, видео, подписок, групп, возраст и т.д.), обеспечивающие определение выраженности большой пятерки их личностных черт (OCEAN – экстраверсия, открытость, доброжелательность, добросовестность, невротизм) и профессиональной пригодности. Разработана уникальная база знаний и веб сервис: <https://cais.iias.spb.su/scripts/record-stream-ru/>, позволяющие существенно сократить время подбора профильных специалистов, исключить при этом человеческий фактор, повысить качество принимаемых кадровых решений.

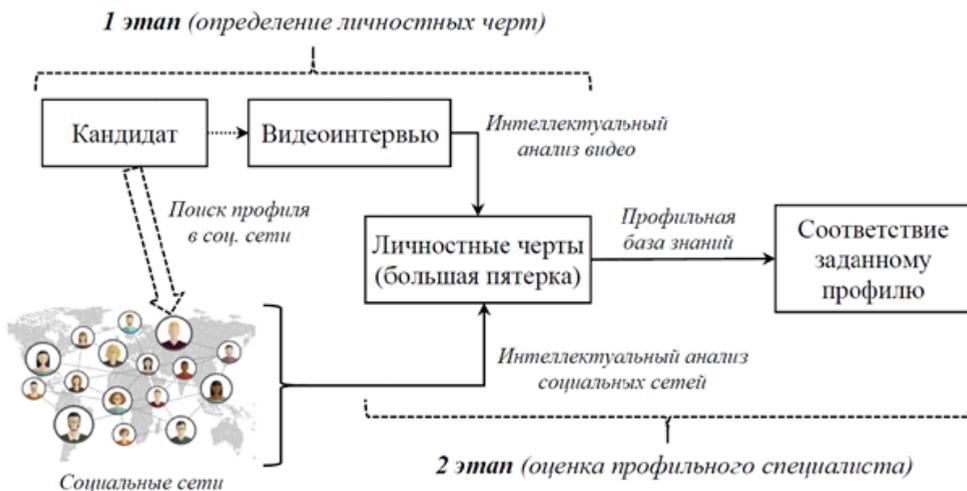
Организация: СПИИРАН.

Авторы: Абрамов М.В., Кашевник А.М., Корепанова А.А., Олисеенко В.Д., Смирнов А.В., Хлобыстова А.О., Юсупов Р.М.

Публикации:

1. Олисеенко В.Д., Хлобыстова А.О., Корепанова А.А., Автоматизация оценки темперамента пользователей онлайн социальной сети // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления. 2023. Т.514.

2. Kashevnik A., Maiatin A., Zubok D. VPTD: Human Face Video Dataset for Personality Traits Detection. Data, MDPI AG, Basel, Switzerland. 2023. Vol. 8(7). P. 1–12 (Q2, Scopus).



**Рис. 29.** Процесс подбора профильных специалистов на основе видеоинтервью и активностей в социальных сетях

## **5. Алгоритмы автоматического анализа видео и межполушарной асимметрии электроэнцефалограмм (ЭЭГ) круглосуточного мониторинга пациентов после нетравматического субарахноидального кровоизлияния**

Для детектирования временных фрагментов видео-ЭЭГ мониторинга, которые могут приводить к артефактам ЭЭГ, предложены и апробированы на клинических данных алгоритмы автоматического анализа данных видео-ЭЭГ мониторинга пациента после нетравматического субарахноидального кровоизлияния с использованием: (а) методов объектно-ориентированного логического программирования в сочетании с нейросетевыми методами анализа изображений и (б) алгоритма порогового детектирования движений в оптическом потоке видео.

Разработаны и апробированы на клинических данных мониторинга ЭЭГ алгоритмы автоматического детектирования диагностических и прогностических признаков развития отсроченной ишемии головного мозга после субарахноидального кровоизлияния: почасового количества эпилептиформной активности ЭЭГ и выявления межполушарной асимметрии амплитуды ЭЭГ для построения карт фокальных изменений ЭЭГ (Рис. 30.) с применением метода главных компонент для разделения некоррелированных очаговых и региональных изменений ЭЭГ.

Организация: ИРЭ РАН.

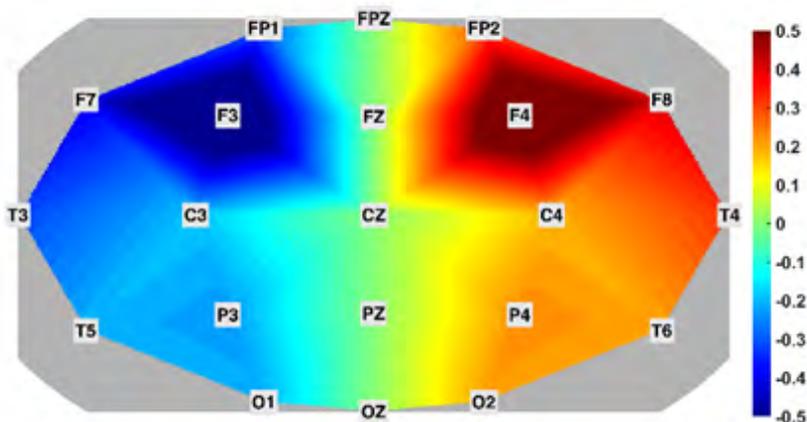
Авторы: Кершнер И.А., Морозов А.А., Мурашов Д.М., Обухов Ю.А., Окунева И.В., Синкин М.В., Сушкова О.С.

*Публикации:*

Morozov A.A., Sushkova O.S., Sinkin M.V., Okuneva I.V., Obukhov Y.V. Investigation and development of methods and algorithms for analyzing video-EEG monitoring of delayed cerebral ischemia after subarachnoid haemorrhage // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – ISPRS Archives, 2023. – XLVIII-2/W3-2023. – P. 179-185.

Murashov D.M., Obukhov Y.V., Kershner I.A., Sinkin M.V. An Algorithm for Automated Detection of Delayed Brain Ischemia Indicator from Video-EEG Monitoring Data // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – ISPRS Archives, 2023. – XLVIII-2/W3-2023. – P. 187-192.

Obukhov Y.V., Kershner I.A., Okuneva I.V., Sinkin M.V. Algorithm for detecting epileptiform EEG activity in delayed cerebral ischemia // RENSIT: Radioelectronics. Nanosystems. Information technologies. – 2023 – V. 15, No. 3. – P.253-262.



**Рис. 30.** Пример карты межполушарной асимметрии ЭЭГ на основе вычисления площади под рабочей характеристикой приёмника (AUC ROC-кривой) в дельта (2-4 Гц) диапазоне частот ЭЭГ. Длина записи ЭЭГ – 19 часов. Четко видна асимметрия изменений ЭЭГ.

## **Секция вычислительных, локационных, телекоммуникационных систем и элементной базы**

### **1. Активизация новой оползневой зоны на берегу реки Буреи по данным космической радарной интерферометрии**

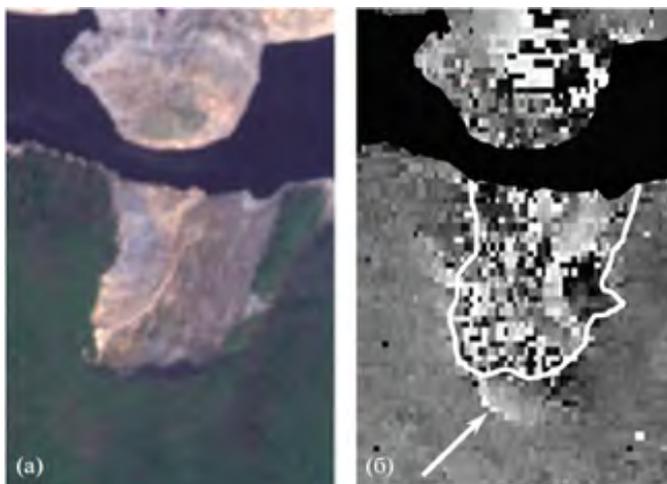
С помощью разработанных методик комбинирования и интерферометрической обработки радиолокационных снимков исследована зона грандиозного оползня, перекрывшего в декабре 2018 г. русло реки Буреи (Рис. 31 а). Анализ снимков этой территории, сделанных в 2019-2020 гг. со спутника ALOS-2, выявил новую нестабильную область размером 150×300 м, расположенную выше ранее сформировавшегося оползневого цирка (указана стрелкой на Рис. 31 б). Средняя скорость новой подвижной области ~ 1 см/мес. Учитывая сравнительно малую ширину и глубину существующего прорана, новый оползневый процесс может стать причиной чрезвычайной ситуации в виде очередного перекрытия русла реки и подтопления вышележащих селений. Разработанные методики обработки космических радарных данных позволяют проводить мониторинг состояния опасных оползневых участков даже в условиях маскирующего влияния лесных покровов. Практическая значимость и важность этих методик заключается в прогнозировании наступления чрезвычайных ситуаций, что позволит снизить многомиллионные расходы на устранение их последствий.

Организация: ИРЭ РАН.

Авторы: Захаров А.И., Захарова Л.Н., Никитов С.А.

*Публикация:*

Л.Н. Захарова, А.И. Захаров, С.А. Никитов, Активизация нового оползневого процесса на Бурее по данным интерферометрических измерений радаром PALSAR-2// Радиотехника и электроника, 2023, №9, с. 879-883 DOI: 10.31857/S0033849423090280.



**Рис. 31.** Фрагменты изображений, полученных в 2019-2020 гг.: (а) спутниковый оптический снимок Sentinel-2; (б) радарная интерферограмма по данным ALOS-2, на которой белой линией отмечено положение существующего оползневого цирка, стрелкой указана верхняя граница нового подвижного участка

## **2. Широкополосный терагерцовый излучатель со встречно-штыревой топологией электродов на основе квантово-точечных InAs/GaAs структур**

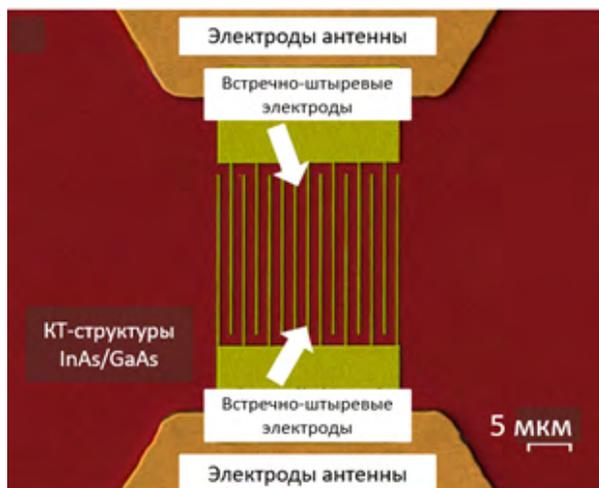
Сущность результата заключается в исследовании оригинальных конструкций полупроводниковых фотопроводящих излучателей. Новизна результата заключается в сочетании квантово-точечных InAs/GaAs структур, обладающих ультракороткими временами жизни носителей заряда и высоким сопротивлением материала, а также встречно-штыревой топологией электродов, представляющих собой параллельно соединенные конденсаторы большой емкости (Рис. 32). Спектры мощности генерируемого ТГц излучения приведены на Рис. 33. Значимость результата заключается в создании широкополосного 100 ГГц – 2.5 ТГц фотопроводящего излучателя для эргономичных и компактных систем ТГц спектроскопии нового поколения.

Организация: ИСВЧПЭ РАН.

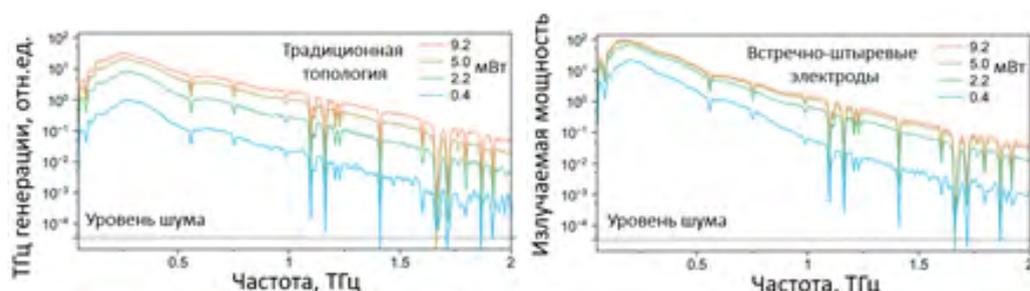
Авторы: Лаврухин Д.Л., Пономарев Д.С., Хабибуллин Р.А.

*Публикация:*

A. Gorodetsky, D.V. Lavrukhin, D.S. Ponomarev, S.V. Smirnov, A. Yadav, R.A. Khabibullin and E.U. Rafailov // IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 29(5), 8500505 (2023).



**Рис. 32.** Микроскопия встречно-штыревых электродов фотопроводящей антенны (ФПА)-излучателя на основе квантово-точечных (КТ)



**Рис. 33.** Спектры генерируемого терагерцового излучения для ФПА-излучателя на основе КТ-структур с традиционной топологией (вверху) и со встречно-штыревыми электродами (внизу)

### 3. III-N гетероструктуры на подложках кремния диаметром до 200 мм

Изучен эпитаксиальный рост гетероструктур с барьерными слоями AlGaIn высокого состава (до 50%) и толщиной 3-10 нм методом газофазной эпитаксии на подложках Si (111) диаметром до 76 мм. Исследованы структурные и электрофизические параметры гетероструктур в зависимости от условий выращивания. Получены транзисторные структуры с концентрацией электронов в двумерном канале более  $1.7 \times 10^{13} \text{ см}^{-2}$ . Из выращенных гетероструктур изготовлены тестовые СВЧ транзисторы с максимальным током насыщения более 1400 мА/мм. Выращены и исследованы светодиодные структуры InGaIn/GaN на темплейтах SiC/Si. Разработана технология роста нормально-открытых AlGaIn/GaN НЕМТ структур на подложках кремния диаметром до 150 мм с использованием буферных слоев на основе последовательности слоев AlGaIn различного состава (Рис. 34 а). Из выращенных гетероструктур созданы СВЧ транзисторы, имеющие плотность мощности более 5 Вт/мм (28В), КПД > 60% (1ГГц) и крутизну передаточной характеристики – 320 мСм/мм. Выращены прототипы AlGaIn/GaN гетероструктур для НЕМТ транзисторов на подложках кремния диаметром 200 мм (Рис. 34 б), характеризующиеся подвижностью электронов -  $1500\text{-}1600 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  и их концентрацией -  $1.1\text{-}1.2 \times 10^{13} \text{ см}^{-2}$ .

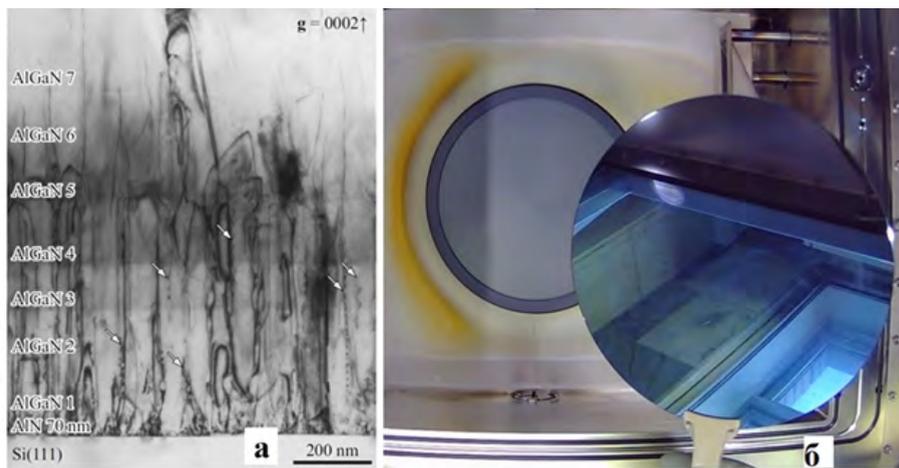
Организация: НТЦ микроэлектроники РАН.

Авторы: Заварин Е.Е., Лундин В.В., Николаев А.Е., Сахаров А.В., Цацульников А.Ф.

*Публикации:*

1. A.V. Sakharov et.al. AlGa<sub>N</sub> HEMT Structures Grown on Miscut Si(111) Wafers. Materials 2023, 16, 4265. <https://doi.org/10.3390/ma16124265>.

2. S.A. Kukushkin et.al. SiC/Si Hybrid Substrate Synthesized by the Method of Coordinated Substitution of Atoms: A New Type of Substrate for LEDs. Coatings 2023, 13, 1142. <https://doi.org/10.3390/coatings13071142>.



**Рис. 34.** а – изображение просвечивающей электронной микроскопии буферного слоя на основе AlGa<sub>N</sub> на подложке кремния; б – AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub> гетероструктура для HEMT транзисторов на подложках кремния диаметром 200 мм

#### **4. Реализация кремниевого эталона высоты для нанометрологии на основе самоорганизации ступенчатой поверхности Si (111)**

Принятие в 2019 году Системой Измерений (СИ) параметра кристаллической решетки Si в качестве вторичной реализации волнового метра предопределило необходимость разработки эталонов-мер для обеспечения измерений во всем нанодиапазоне, которые к настоящему времени еще не созданы. Авторами с использованием ямок на экстрашироких (до 230 мкм) сингулярных террасах на поверхности Si (111) разработаны макроступени-меры со счетным числом моноатомных ступеней, которые могут служить Si эталоном высоты в диапазоне 0,3÷100 нм. Макроступени-меры получались посредством управления самоорганизацией атомных ступеней на стенках ямок в условиях электромиграции заряженных адатомов при высокотемпературном прогреве кристаллов-носителей меры постоянным электрическим током. Несмотря на естественную шероховатость поверхности Si(111) террас (до 0,07 нм), связанную со сверхструктурой (7×7), высота атомной ступени может быть измерена в атомно-силовом микроскопе (АСМ) с точностью 0,01 нм на воздухе. Применение сингулярной террасы в качестве

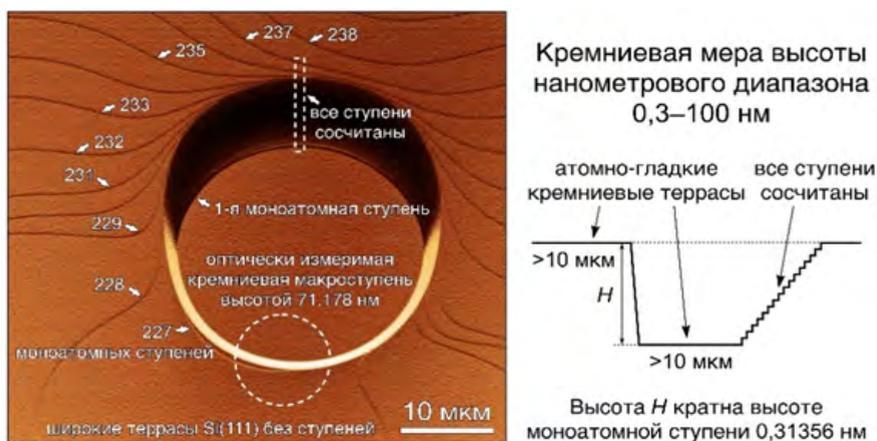
опорного зеркала в оптическом интерферометре позволяет оптически измерить высоту макроступени в ямке (ее вертикальной части, как показано на схеме Рис. 35), которая в пересчете на высоту атомной ступени равна  $313,8 \pm 0,4$  пм и соответствует метрологическому значению  $313,56$  пм – расстоянию между плоскостями Si(111). Это открывает возможности для создания кремниевых эталонов высоты на основе использования эффекта самоорганизации моноатомных ступеней (подход снизу-вверх) и развития оптической интерферометрии как метрологического метода измерения высоты в наномасштабе.

Организация: ИФП СО РАН.

Авторы: Латышев А.В., Роголо Д.И., Ситников С.В., Сысоев Е.В., Федина Л.И., Щеглов Д.В.

Публикация:

Bottom-Up Generated Height Gauges for Silicon-Based Nanometrology, ACS Appl. Materials&Interfaces 2023, 15, 12511–12523 – DOI: 10.1021/acsmi.2c20154. IF 10.383.



**Рис. 35.** АСМ-изображение ямки на экстраширокой сингулярной террасе Si(111)

На схеме справа дано поперечное сечение ямки, наклонная часть стенки которой имеет счетное в АСМ число моноатомных ступеней (пунктирный прямоугольник на изображении), а ее вертикальная часть, разделяющая две широкие сингулярные террасы (пунктирный круг), позволяет оптически измерить высоту макроступени-меры.

## 5. Научные подходы к трансформации станкоинструментальной отрасли – основе технологического суверенитета государства

Текущие вызовы: существенное снижение эффективности (в ряде случаев и остановка) производства машиностроительной продукции гражданского назначения и ОПК из-за нарастающего физического износа и невозможности обновления значительной части технологического потенциала государства, находящегося в прямой зависимости от недружественных стран (около 80% - зарубежные поставки).

*Ключевая проблема:* безотлагательный поиск научно обоснованных эффективных мер и решений, направленных на адаптацию (трансформацию) машиностроительной отрасли к новым условиям деятельности, обусловленных текущими и предстоящими вызовами.

Действующие нормативные документы<sup>1</sup> и модели реформ на их основе, в большинстве случаев разрабатывались в принципиально иных условиях миропорядка, без учета искусственных ограничений со стороны бывших партнеров. Исходя из этого, несмотря на предпринимаемые государством меры, необходима иная научно обоснованная модель адаптации отрасли к новым условиям существования и взаимоотношения государства.

Смысл нового подхода заключается в формировании понятия технологической среды как объективной базовой сущности, формируемой станкоинструментальной отраслью и обеспечивающей технологический суверенитет государства и его конкурентные позиции на мировых рынках.

Результаты исследований позволили:

- выявить ключевые стадии и этапы трансформации отрасли, необходимые для рационального использования имеющихся у государства для этого ресурсов;
- сформировать понятие, модель и метрики (оценки) технологического суверенитета, позволяющие объективно оценить состояние отрасли на той или иной фазе становления и преобразования;
- обосновать необходимость и значимость разработки фундаментальных основ формирования технологической среды отрасли, необходимых для обеспечения технологической независимости государства в целом;
- определить структуру, состав и содержание задач исследований и разработок для принятия мер по обеспечению полноценного технологического суверенитета государства.

Предлагаемый подход к трансформации отрасли обеспечивает рациональное использование имеющихся для этих целей ресурсов, позволяет сохранить преемственность технологий, осуществить их дальнейшее развитие, своевременно выйти на перспективные рубежи становления промышленности, обеспечить стабильность функционирования промышленных предприятий и в конечном итоге обеспечить технологическую безопасность государства в целом.

Разработанные материалы использованы при разработке Федерального проекта развития станкоинструментальной промышленности.

Организация: ИКТИ РАН.

Авторы: Червяков Л.М., Шептунов С.А.

*Публикации:*

1. Аверченков А.В. Основы применения современного технологического оборудования и инструментального обеспечения в производственных процессах малых предприятий в машиностроении// Интернаука: электрон. научн. журн. 2023. № 5(275). <https://internauka.org/journal/science/internauka/275/> DOI:10.32743/26870142.2023.5.275.352545.

2. Аверченков А.В., Шептунов С.А. Обеспечение малых инновационных предприятий технологическим оснащением через создание региональных центров УСП // Интернаука: электрон. научн. журн. 2023. № 19(289). <https://internauka.org/journal/science/internauka/289/>. DOI:10.32743/26870142.2023.19.289.357862.

3. Сорока Д.О., Горкальцев В.С., Карлова Т.В. Оценка уровня цифровой зрелости предприятия как один из важных факторов в цифровой трансформации// Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении -3- 2023// стр. 80-88/.

---

<sup>1</sup> 1) Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»; 2) Распоряжение Правительства Российской Федерации от 05.11.2020 г., № 2869-р «Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года

**1. Оптические спиновый и орбитальный эффекты Холла в остром фокусе лазерного пучка с гибридной поляризацией**

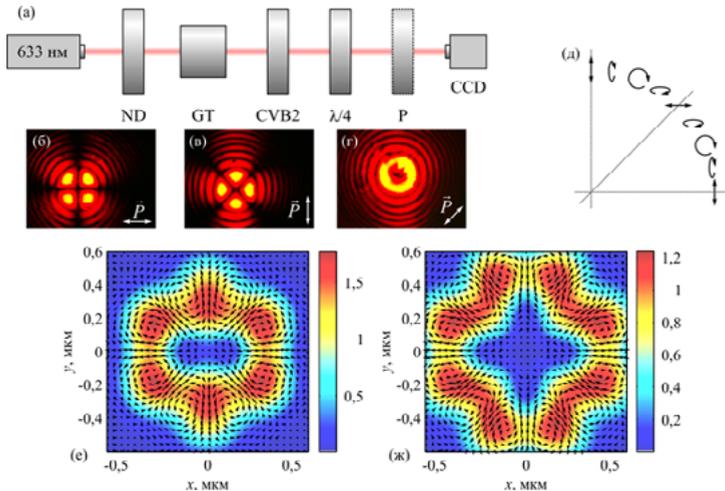
Рассмотрена острая фокусировка света с новым типом неоднородной гибридной поляризации  $m$ -го порядка, объединяющей свойства цилиндрической поляризации  $m$ -го порядка и круговой поляризации. Теоретически и численно показано, что интенсивность в фокусе имеет  $2(m + 1)$  локальных максимумов, расположенных вдоль замкнутого контура с нулевой интенсивностью в центре (на оптической оси). Поперечный поток энергии меняет направление вращения  $4m$  раза при обходе в плоскости фокуса вокруг оптической оси. Продольная проекция спинового углового момента в фокусе также меняет знак  $4m$  раза. В тех областях плоскости фокуса, где поперечный поток энергии вращается против часовой стрелки, продольная проекция спинового углового момента положительная и вектор поляризации вращается также против часовой стрелки. И наоборот: где поток энергии вращается по часовой стрелке, там и вектор поляризации вращается по часовой стрелке, и продольная проекция спинового углового момента отрицательная. Этот результат можно использовать для манипуляции микрочастицами и для намагничивания материалов (Рис. 36).

Организация: ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Авторы: Ковалев А.А., Котляр В.В., Стафеев С.С.

Публикация:

A.A Kovalev, V.V. Kotlyar; S.S. Stafeev «Multiple optical spin-orbit Hall effect at the tight focus» *Physics Letters A* (2023) V. 458, p. 128596, doi: 10.1016/j.physleta.2022.128596.



**Рис. 36.** Оптическая схема для получения гибридного пучка (а), интенсивность в сечении исследуемого пучка, прошедшего через поляризатор-анализатор, повернутый на угол 0 (б) 90 (в) и 45 (г), восстановленное направление поляризации в первом квадранте (д), распределение интенсивности (цвет) и направление потока энергии (стрелки) в сфокусированном гибридном пучке порядка  $m=2$  (е) и  $m=3$  (ж)

## 2. Бислойная липидная мембрана как конденсатор с памятью: сжатый гистерезис (Pinched Hysteresis) в координатах емкость-напряжение и наблюдаемая отрицательная проводимость

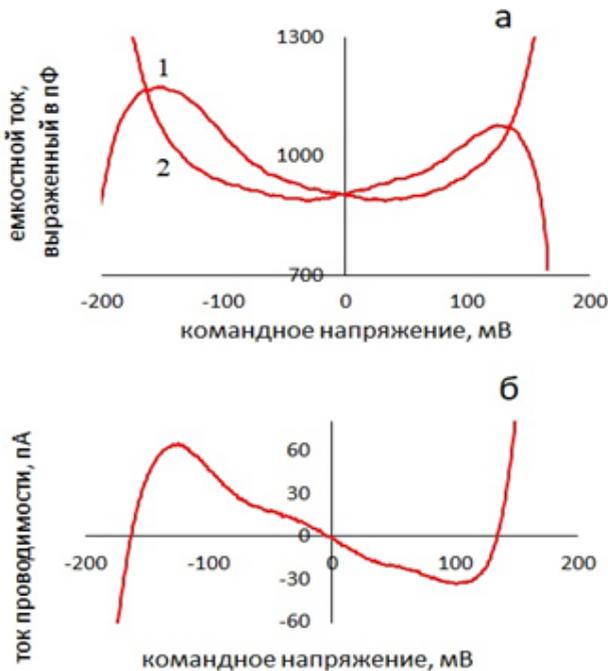
Показано, что нелинейная емкость и диссипативные эффекты в модельных бислойных липидных мембранах могут приводить к появлению гистерезиса в координатах емкость-напряжение, что позволяет рассматривать такие мембраны в качестве конденсатора с памятью. При этом модельные мембраны являются практически единственным примером физической реализации емкости с памятью. Путем решения нелинейного дифференциального уравнения методом малого параметра рассчитана эквивалентная схема мембраны с квадратичной емкостной нелинейностью и последовательным сопротивлением доступа. Получены аналитические зависимости мембранного тока при треугольном командном напряжении, которые хорошо аппроксимируют экспериментальные результаты, представленные на Рис. 37. Впервые показано, что нелинейность емкости в сочетании с диссипативными процессами, вызывающими задержку поляризации мембраны, приводит к появлению видимой отрицательной проводимости, пропорциональной ширине петель сжатого гистерезиса (Pinched Hysteresis).

Организации: ИРЭ РАН, Сеченовский Университет.

Авторы: Аносов А.А., Смирнова Е.Ю.

Публикация:

Smirnova E.Y., Anosov A.A. (2023). Bilayer Lipid Membrane as Memcapacitance: Capacitance–Voltage Pinched Hysteresis and Negative Insertion Conductance // Membranes. – 2023. – V. 13(1). – С. 97. DOI 10.3390/membranes13010097, Q2, WoS.



**Рис. 37.** Экспериментальные данные: (а) сжатого гистерезиса (Pinched Hysteresis) в координатах емкость-напряжение, 1 (2) – изменение емкости при росте (снижении) треугольного напряжения; (б) ток проводимости, полученный как полуразность кривых 1 и 2, в диапазоне напряжений от  $-100$  до  $100$  мВ видимая проводимость мембраны отрицательная

### 3. Трехфотонное лазерное возбуждение одиночных ридберговских атомов рубидия в оптической дипольной ловушке

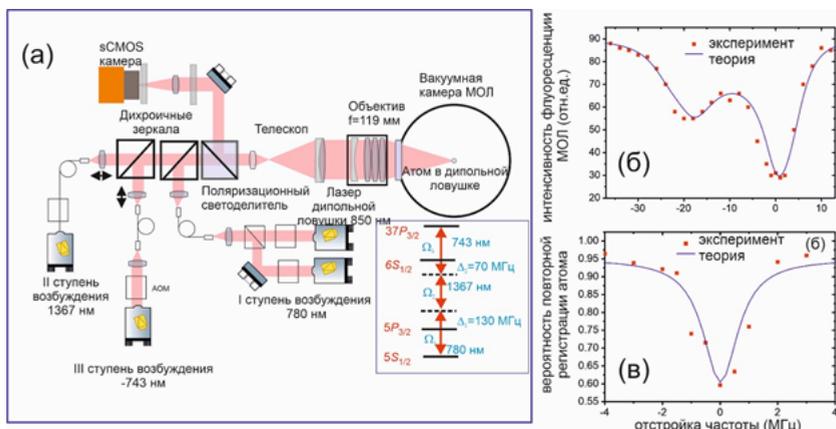
Экспериментально продемонстрировано трехфотонное лазерное возбуждение одиночных атомов  $^{87}\text{Rb}$  в оптической дипольной ловушке в ридберговское состояние  $37P_{3/2}$  лазерными излучениями с длинами волн 780 нм, 1367 нм и 743 нм. Схема экспериментальной установки приведена на Рис. 38(а). В отличие от двухфотонных схем лазерного возбуждения, трехфотонная схема позволяет исследовать атомы в ридберговских  $nP$  состояниях. Первоначально был проведен эксперимент по наблюдению лазерного возбуждения ридберговских  $nP$  атомов в магнитооптической ловушке при наблюдении гашения флуоресценции облака холодных атомов. Спектр возбуждения приведен на Рис. 38(б). Здесь левый пик соответствует трехступенчатому возбуждению, а правый пик – трехфотонному с отстройкой от промежуточных возбужденных состояний. Затем проведены эксперименты по лазерному возбуждению одиночных ридберговских атомов при регистрации возбуждения по потерям атомов в оптической дипольной ловушке. При сканировании лазера третьей ступени записаны спектры лазерного возбуждения одиночных атомов, приведенные на Рис. 38(в). Полученные результаты представляют интерес для квантовой информатики с нейтральными атомами.

Организация: ИФП СО РАН.

Авторы: Альянова Н.В., Бетеров И.И., Загиров Т.Р., Рябцев И.И., Скворцова Д.А., Сулиман Г., Третьяков Д.Б., Энтин В.М., Якшина Е.А.

Публикация:

И.И.Бетеров, Е.А.Якшина, Д.Б.Третьяков, Н.В.Альянова, Д.А.Скворцова, Г.Сулиман, Т.Р.Загиров, В.М.Энтин, И.И.Рябцев, «Трехфотонное лазерное возбуждение одиночных ридберговских атомов рубидия в оптической дипольной ловушке», ЖЭТФ, т. 164, в.2, с. 282-290, 2023.



**Рис. 38.** (а) Схема экспериментальной установки по лазерному возбуждению одиночных ридберговских атомов рубидия в оптической дипольной ловушке и схема уровней энергии атомов рубидия; (б) Экспериментально измеренные и численно рассчитанные спектры лазерного возбуждения ридберговских атомов в магнитооптической ловушке с использованием оптического метода регистрации; (в) экспериментально измеренные и численно рассчитанные спектры лазерного возбуждения одиночного ридберговского атома в оптической дипольной ловушке.

#### 4. Метод лазерной печати плазмонных метаповерхностей, поддерживающих высокодобротные резонансные моды типа связанных состояний в континууме

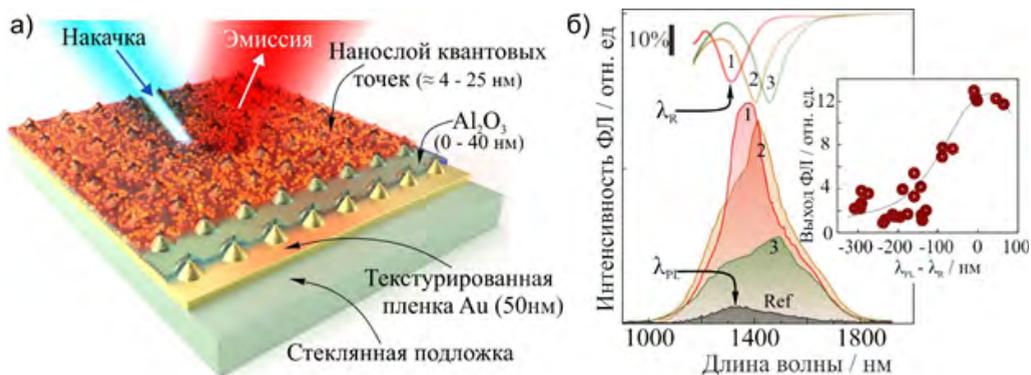
Разработан метод фемтосекундной лазерной печати плазмонных метаповерхностей, поддерживающих высокодобротные резонансные моды типа связанных состояний в континууме (ВКС). Согласование положения указанных мод со спектром фотолюминесценции (ФЛ) нанесенного на метаповерхность монослоя квантовых точек (КТ) теллурида ртути (HgTe) позволяет добиться 12-ти кратного усиления интенсивности их спонтанной эмиссии в диапазоне 900 – 1700 нм, а также улучшения направленности излучения (Рис. 39). Разработанный с использованием лазерных технологий метод создания плазмонных метаповерхностей открывает перспективы для масштабируемого производства нового класса высокочувствительных оптоэлектронных и сенсорных устройств для ближнего ИК диапазона.

Автор: Кучмижак А. А.

Организация: ИАПУ ДВО РАН

Публикация:

K.A. Sergeeva, D.V. Pavlov, A.A. Seredin, E.V. Mitsai, A.A. Sergeev, E.B. Modin, A.V. Sokolova, T.C. Lau, K.V. Baryshnikova, M.I. Petrov, S.V. Kershaw, A.A. Kuchmizhak, K.S. Wong, A.L. Rogach, Laser-Printed Plasmonic Metasurface Supporting Bound States in the Continuum Enhances and Shapes Infrared Spontaneous Emission of Coupled HgTe Quantum Dots // *Advanced Functional Materials* 33(44) (2023) 2307660 IF=19.924.



**Рис. 39.** (а) Эскиз исследуемой структуры: слой квантовых точек HgTe, излучающих в ближнем ИК-диапазоне, нанесенный на плазмонную метаповерхность на основе массива золотых нановыступов, поддерживающую ВКС-моды

Однородная диэлектрическая пленка Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (толщина от 0 до 40 нм) отделяет КТ от нановыступов. (б) Серия спектров ФЛ монослоя КТ HgTe, нанесенных на три метаповерхности с различным положением ВКС-моды λ<sub>Р</sub> относительно максимума излучения λ<sub>РЛ</sub>. Экспериментально измеренные спектры отражения этих метаповерхностей показаны в верхней части панели. На вставке показано усиление ФЛ монослоя КТ HgTe как функция спектральной отстройки λ<sub>РЛ</sub> - λ<sub>Р</sub> положения плазмонной моды относительно максимума ФЛ.

## 5. Технология производства микрофлюидных ячеек массового параллельного секвенирования ДНК

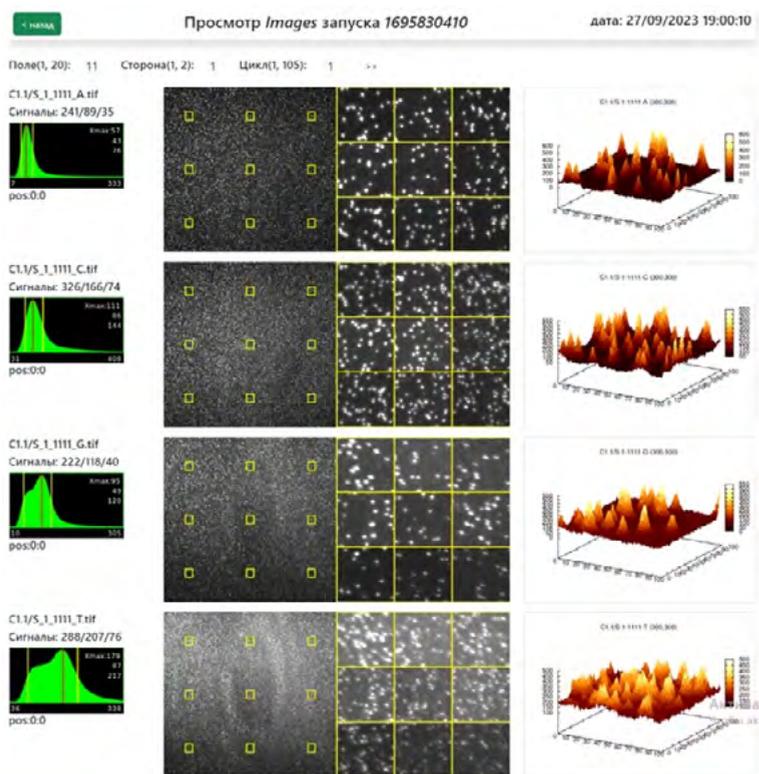
Микрофлюидные ячейки являются важнейшим расходным материалом для обеспечения функционирования отечественных полногеномных секвенаторов, включая новейшую разработку Института «Нанофор СПС». Впервые в Российской Федерации разработана технология производства ячеек, налажен их серийный выпуск. Разработаны критерии контроля качества. Ячейки обеспечивают эффективное прохождение мостиковой амплификации с получением молекулярных колоний с высокой интенсивностью свечения: 300 относительных единиц флуоресценции (ОЕФ) (для каналов детекции А, Т и G) и 400 ОЕФ (для канала С) при средних временах экспозиции 200-300 мсек (для каналов А и С) и 500-700 мсек (для каналов G и Т) (Рис. 40). Области применения: генетические исследования в биологии, медицине, криминалистике.

Организация: ФГБУН Институт аналитического приборостроения РАН.

Авторы: Алексеев Я.И., Есикова Н.А., Курочкин В.Е., Петров А.И., Резник В.С., Ямановская А.Ю.

*Публикация:*

Алексеев Я.И., Курочкин В.Е. и др. Разработка технологии производства микрофлюидных ячеек для массового параллельного секвенирования ДНК. // АналитБиоПрибор-2023. Санкт-Петербург. Сборник тезисов докладов. С. 86-88.577 С1, 29.07.2021.



**Рис. 40.** Распределения по интенсивности флуоресценции в каналах А, С, G, Т: слева – интегральные, справа – в плоскости ячейки. Точки в центре – свечение полученных в ячейке молекулярных колоний

## **Краткая характеристика научных результатов ОНИТ РАН, получивших наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости**

### **1. Оптические спиновый и орбитальный эффекты Холла в остром фокусе лазерного пучка с гибридной поляризацией**

Рассмотрена острая фокусировка света с новым типом неоднородной гибридной поляризации  $m$ -го порядка, объединяющей свойства цилиндрической поляризации  $m$ -го порядка и круговой поляризации. Теоретически и численно показано, что интенсивность в фокусе имеет  $2(m+1)$  локальных максимумов, расположенных вдоль замкнутого контура с нулевой интенсивностью в центре (на оптической оси). Поперечный поток энергии меняет направление вращения  $4m$  раз при обходе в плоскости фокуса вокруг оптической оси. Продольная проекция спинового углового момента в фокусе также меняет знак  $4m$  раз. В тех областях плоскости фокуса, где поперечный поток энергии вращается против часовой стрелки, продольная проекция спинового углового момента положительная и вектор поляризации вращается также против часовой стрелки. И наоборот, где поток энергии вращается по часовой стрелке, там и вектор поляризации вращается по часовой стрелке, и продольная проекция спинового углового момента отрицательная. Этот результат можно использовать для манипуляции микрочастицами и для намагничивания материалов.

Организация: ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Научный руководитель работы: доктор физико-математических наук Котляр В.В.

### **2. Активизация новой оползневой зоны на берегу реки Буреи по данным космической радарной интерферометрии**

С помощью разработанных методик комбинирования и интерферометрической обработки радиолокационных снимков исследована зона грандиозного оползня, перекрывшего в декабре 2018 г. русло реки Буреи. Анализ снимков этой территории, сделанных в 2019-2020 гг. со спутника ALOS-2, выявил новую нестабильную область размером  $150 \times 300$  м, расположенную выше ранее сформировавшегося оползневого цирка. Разработанные методики обработки космических радарных данных позволяют проводить мониторинг состояния опасных оползневых участков даже в условиях маскирующего влияния лесных покровов. Практическая значимость и важность этих методик заключается в прогнозировании наступления чрезвычайных ситуаций, что позволит снизить многомиллионные расходы на устранение их последствий.

Организация: ИРЭ РАН.

Научный руководитель работы: академик РАН Никитов С.А.

### **3. Широкополосный терагерцовый излучатель со встречно-штыревой топологией электродов на основе квантово-точечных InAs/GaAs структур**

Сущность результата заключается в исследовании оригинальных конструкций полупроводниковых фотопроводящих излучателей. Новизна заключается в сочетании квантово-точечных InAs/GaAs структур, обладающих ультракороткими временами жизни носителей заряда и высоким сопротивлением материала, а также встречно-штыревой топологией электродов, представляющих собой параллельно соединенные конденсаторы большой емкости. Значимость полученных результатов заключается в создании широкополосного 100 ГГц – 2.5 ТГц фотопроводящего излучателя для эргономичных и компактных систем ТГц спектроскопии нового поколения.

Организация: ИСВЧПЭ РАН.

Научный руководитель работы: доктор технических наук Гамкредидзе С.А.

### **4. Цифровая платформа экологического мониторинга Байкальской природной территории**

Впервые разработана цифровая платформа и распределенная сеть комплексного экологического мониторинга больших природных территорий, обеспечивающая сбор (5 направлений мониторинга, интервал регистрации 1-5 сек, ежедневно более 20 Гбайт разноформатных данных), хранение, обработку больших массивов гетерогенных пространственно-временных данных, а также анализ и прогнозирование экологической обстановки на основе комплекса математических моделей, сервисов и методов машинного обучения.

Организация: ИДСТУ СО РАН.

Научный руководитель работы: академик РАН Бычков И.В.

### **5. Трехфотонное лазерное возбуждение одиночных ридберговских атомов рубидия в оптической дипольной ловушке**

Впервые экспериментально продемонстрировано трехфотонное лазерное возбуждение одиночных атомов  $87\text{Rb}$  в оптической дипольной ловушке с длинами волн 780 нм, 1367 нм и 743 нм. В отличие от двухфотонных схем лазерного возбуждения, трехфотонная схема позволяет исследовать атомы в ридберговских  $n\text{P}$  состояниях. Первоначально был проведен эксперимент по наблюдению лазерного возбуждения ридберговских  $n\text{P}$  атомов в магнитооптической ловушке при наблюдении гашения флуоресценции облака холодных атомов. Затем проведены эксперименты по лазерному возбуждению одиночных ридберговских атомов при регистрации возбуждения по потерям атомов в оптической дипольной ловушке. При сканировании лазера третьей ступени записаны спектры лазерного возбуждения одиночных атомов. Полученные результаты представляют интерес для квантовой информатики с нейтральными атомами.

Организация: ИФП СО РАН.

Научный руководитель работы: член-корреспондент РАН Рябцев И.И.

## **Краткая характеристика научных результатов ОНИТ РАН с указанием возможных сфер применения результата**

### **1. Семейство методов планирования траектории для мобильных агентов и их групп, опирающихся на оригинальную комбинацию эвристического поиска и машинного обучения**

Предложен новый эффективный подход, опирающийся на комбинацию эвристического поиска и обучение с подкреплением. За счет предложенной комбинации удалось достичь эффективного баланса между долгосрочным планированием (продвижение агента к глобальной цели) и краткосрочным принятием решений (уклонение от столкновений между агентами). Разработанные методы планирования траекторий находят широкое применение в современных роботизированных системах, применяемых в логистике (автоматизированные складские комплексы), транспорте (беспилотные автомобили), поиске и спасении (поисковые мобильные роботы, дроны) и др.

Организация: ФИЦ ИУ РАН.

Руководитель: кандидат физико-математических наук Яковлев К.С.

### **2. Научные подходы к трансформации станкоинструментальной отрасли – основе технологического суверенитета государства**

Действующие нормативные документы и модели реформ на их основе в большинстве случаев разрабатывались в принципиально иных условиях миропорядка, без учета искусственных ограничений со стороны бывших партнеров. Смысл нового подхода заключается в формировании понятия технологической среды как объективной базовой сущности, формируемой станкоинструментальной отраслью и обеспечивающей технологический суверенитет государства и его конкурентные позиции на мировых рынках. Предлагаемый подход к трансформации отрасли обеспечивает рациональное использование имеющихся для этих целей ресурсов, позволяет сохранить преемственность технологий, осуществить их дальнейшее развитие, своевременно выйти на перспективные рубежи становления промышленности, обеспечить стабильность функционирования промышленных предприятий и в конечном итоге обеспечить технологическую безопасность государства в целом. Разработанные материалы использованы при разработке Федерального проекта развития станкоинструментальной промышленности.

Организация: ИКТИ РАН.

Руководитель: доктор технических наук Червяков Л.М.

### **3. Метод лазерной печати плазмонных метаповерхностей, поддерживающих высокодобротные резонансные моды типа связанных состояний в континууме**

Разработан метод фемтосекундной лазерной печати плазмонных метаповерхностей, поддерживающих высокодобротные резонансные моды типа связанных состояний в континууме. Согласование положения указанных мод со спектром

фотолюминесценции нанесенного на метаповерхность монослоя квантовых точек теллурида ртути позволяет добиться 12-ти кратного усиления интенсивности их спонтанной эмиссии в диапазоне 900–1700 нм, а также улучшения направленности излучения. Разработанный с использованием лазерных технологий метод создания плазмонных метаповерхностей открывает перспективы для масштабируемого производства нового класса высокочувствительных оптоэлектронных и сенсорных устройств для ближнего ИК диапазона.

Организация: ИАПУ ДВО РАН.

Руководитель: кандидат физико-математических наук Кучмижак А.А.

#### **4. Технология производства микрофлюидных ячеек массового параллельного секвенирования ДНК**

Технология разработана в Российской Федерации впервые. Микрофлюидные ячейки являются важнейшим расходным материалом для обеспечения функционирования отечественных полногеномных секвенаторов, включая новейшую разработку Института «Нанофор СПС». Налажен серийный выпуск ячеек. Разработаны критерии контроля качества, обеспечивающих получение данных полногеномного секвенирования с высоким выходом.

Организация: ФГБУН Институт аналитического приборостроения РАН.

Руководитель: доктор технических наук Курочкин В.Е.

#### **5. Алгоритмы автоматического анализа видео и межполушарной асимметрии электроэнцефалограмм (ЭЭГ) круглосуточного мониторинга пациентов после нетравматического субарахноидального кровоизлияния.**

Для детектирования временных фрагментов видео-ЭЭГ мониторинга, которые могут приводить к артефактам ЭЭГ, предложены и апробированы на клинических данных алгоритмы автоматического анализа данных видео-ЭЭГ мониторинга пациента после нетравматического субарахноидального кровоизлияния с использованием: методов объектно-ориентированного логического программирования в сочетании с нейросетевыми методами анализа изображений и алгоритма порогового детектирования движений в оптическом потоке видео. Разработаны и апробированы на клинических данных мониторинга ЭЭГ алгоритмы автоматического детектирования диагностических и прогностических признаков развития отсроченной ишемии головного мозга после субарахноидального кровоизлияния.

Организация: ИРЭ РАН.

Руководитель: д.ф.-м.н. Обухов Ю.В.

# ЭНЕРГЕТИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ, МЕХАНИКА И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Энергетика** представляет собой ярко выраженную междисциплинарную науку, формирующую новые знания о методах преобразования энергии и создающую новые средства для таких преобразований путем интеграции достижений практически всех других наук. Одним из основных направлений фундаментальных исследований в энергетике являются системные исследования перехода к экологически чистой, ресурсосберегающей и конкурентоспособной энергетике. Эти исследования должны включать в себя совершенствование методологии и инструментария прогнозирования развития мировой и отечественной энергетики на долгосрочную перспективу в условиях новой технологической революции в экономике; разработку новых подходов к прогнозированию спроса на энергоносители; прогнозирование научно-технического прогресса в технологиях производства, распределения и потребления топлива и энергии; обоснование приоритетных направлений технологического развития энергетики России; научное обоснование перехода к новой структуре и параметрам ядерной энергетики страны в условиях замыкания ядерного топливного цикла; разработку предложений по совершенствованию систем управления развитием и функционированием отраслей энергетического комплекса страны на основе новых информационно-коммуникационных технологий и принципов интеллектуализации.

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

**Машиностроение** является материальной базой научно-технического прогресса страны, всех секторов её экономики и национальной безопасности и должно обеспечивать перевод всех отраслей на новую технологическую базу, обеспечивающую снижение материалоёмкости и энергопотребления производства, повышение производительности труда, уровня промышленной безопасности и конкурентоспособности производимой продукции. Развитие машиностроительного комплекса опирается на фундаментальные и прикладные исследования в таких областях знаний, как механика, физика, химия, процессы управления.

**Машиноведение.** Машиноведение является междисциплинарной наукой о технологиях, используемых при создании машин, машинных комплексов, и сложных системах «человек-машина-среда», динамике машин, волновых и вибрационных процессах в технике, ресурсе, живучести и безопасности машин и сложных технических систем. Междисциплинарные проблемы машиноведения, создания и функционирования сложных человеко-машинных и робототехнических комплексов включают в себя: вопросы анализа и синтеза машинных комплексов; эргономики и биомеханики человеко-машинных и робототехнических

систем и комплексов; динамики машин и вибрационных процессов в технике; разработки перспективных материалов и технологий; техногенной безопасности. Реализация наукоемких технологий предполагает проведение исследований, связанных с разработкой и развитием новых направлений машиностроения – управляемых машин и аппаратов, технологий, автоматизированных технологических линий и энергосберегающих технологий на волновых принципах.

**Механика** – фундаментальная наука. Результаты, полученные в этой области, позволили решить многие важнейшие проблемы при создании космических и транспортных систем, при разработке новых материалов, машин и конструкций, при решении актуальных проблем освоения природных ресурсов страны и обеспечения её обороноспособности. В рамках реализации национальных приоритетов развития научных исследований, необходимо: решение новых фундаментальных задач динамики космических тел; дальнейшее развитие теории устойчивости движения; построение новых моделей мехатроники и разработка принципов движения роботов для перемещения в различных средах. В области механики экстремальных состояний необходимо: проведение экспериментальных исследований и теоретического анализа процессов и явлений в пикосекундном диапазоне длительностей нагрузки при реализации напряженных состояний твёрдых тел; проведение экспериментальных исследований прочностных свойств пластичных и хрупких материалов при высоких скоростях деформации и давлениях; создание моделей для расчётов динамики вещества в состояниях, далёких от механического, термодинамического и химического равновесия. В области механики сплошных сред необходимо: дальнейшее развитие математических моделей и методов расчёта сплошных сред; развитие методов Ланжевеновской динамики и построение новых моделей механики микро- и наносистем. В области исследования газодинамических процессов необходимо: исследование газодинамических процессов в реальных газах и плазме высокой плотности для земных и космических условий; разработка новых способов управления потоком в гиперзвуковой аэродинамике; исследование неравновесных физико-химических процессов в камерах сгорания прямоточных двигателей высокоскоростных летательных аппаратов. В области физики и механики деформирования и разрушения материалов необходимо: решение фундаментальных задач физики и механики деформирования и разрушения материалов различной структуры; построение моделей формообразования и инжиниринга поверхностей; изучение механики экстремальных энергетических воздействий на вещество мощных ударных и детонационных волн; создание определяющих соотношений для описания поведения современных композиционных и SMART-материалов; моделей прогнозирования ресурса материала в условиях динамических, комбинированных и усталостных воздействий, в том числе в режиме гигацикловой усталости. В области исследования природных процессов необходимо: построение моделей поведения природных объектов и многомасштабных технических систем; моделей деформирования сред, находящихся в состоянии непрерывного разрушения; расчётно-теоретических моделей ионосферы; моделей поведения атмосферы и океана в Арктических климатических условиях. В области механики живых систем необходимо: построение моделей процессов в живых системах; моделей поведения объёмно растущих сред; методов диагно-

стики патологических состояний биологических тканей; развитие методов моделирования конструкций из биodeградируемых материалов и композитов для создания искусственных органов.

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

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

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

Разработка теории, методов и технологий управления техническими и технологическими системами предполагает создание теории, методов и технологий интеллектуальных технических средств и систем автоматического и/или автоматизированного управления жизненными циклами организационно-технических и технологических систем с учётом критериев производительности, стоимости, энергоэффективности, экологичности и др., включая сетевые мультимодальные многоуровневые многоагентные системы автоматизации проектирования и производства на расширенных предприятиях высокотехнологических отраслей с обеспечением конкурентоспособности и гибкости производства и логистики, диагностики сложных технических и технологических систем на фазах эксплуатации и модернизации с оценками риска потери качества функционирования, индивидуа-

лизации продукции и реализации контрактов полного жизненного цикла с приложениями в различных отраслях промышленности, энергетики, телекоммуникационных системах, транспортно-логистических системах, сельскохозяйственном производстве в условиях его роботизации, добыче полезных ископаемых.

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

## Важнейшие достижения

### Секция механики

1. Впервые получены количественные критерии, необходимые для реализации особого режима турбулентности в стратифицированной по плотности среде, известного как режим Обухова-Болджиано (1959 г.) (Рис. 41). Показано, что такой режим турбулентности возможен только в устойчиво стратифицированной по плотности среде при соблюдении строгого соотношения между мощностью источников, поддерживающих турбулентность, уровнем возникающих в ней пульсаций плотности и масштабом возбуждения. Кроме того, показано, что режим Обухова-Болджиано неустойчив, что не оставляет надежды на его наблюдение в реальных природных системах. Таким образом, можно считать, что вопрос реализации режима Обухова-Болджиано, не дающий покоя исследователям более 60 лет, закрыт.

Организация: ИМСС УрО РАН.

Авторы: Степанов Р.А., Шестаков А.В., Фрик П.Г.

*Публикация:*

Stepanov R., Shestakov A., Frick P. Feasibility of the Obukhov-Bolgiano scaling in buoyancy affected turbulence //Physical Review Fluids. — 2023. — Vol. 8. — L052601. — <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.8.L052601> (Q1, IF=2.895).



Рис. 41. Режим Обухова-Болджиано при турбулентности в стратифицированной среде

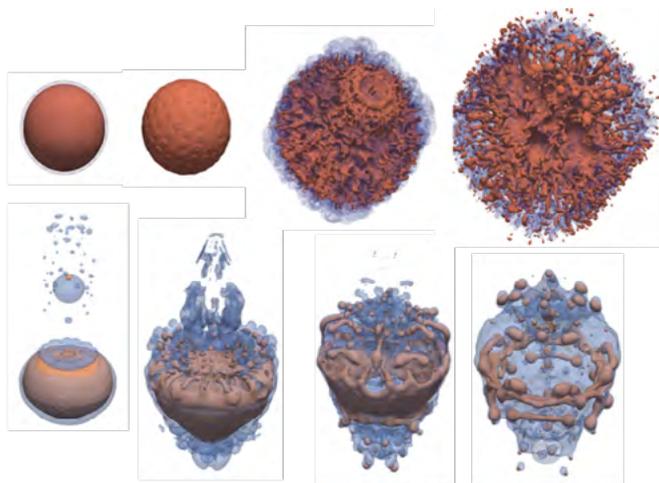
2. Проведены численные расчеты многофазных течений при паровом взрыве каплей высокотемпературных расплавов в воде, актуальные в связи с проблемами безопасности атомной энергетики и оценкой последствий тяжелых аварий с плавлением активной зоны реактора. Выполнено трехмерное прямое численное моделирование неустойчивости и колебаний паровой пленки при воздействии на каплю расплава импульса давления как для изначально неподвижной, так и для движущейся капли расплава. Изучены гидродинамические и теплофизические аспекты процесса тонкой фрагментации капли, ускоряющей вскипание теплоносителя. Обнаружен новый механизм фрагментации, связанный с асимметричным схлопыванием парового пузыря и формированием вблизи капли импульсной кумулятивной струйки со скоростями порядка 100–200 м/с. Удар этой струйки вызывает очень быструю фрагментацию капли расплава, способствующую поддержанию и усилению волны парового взрыва (Рис. 42).

Организация: ИПМех РАН.

Авторы: член-корреспондент РАН Якуш С.Е., Сиваков Н.С.

*Публикация:*

Yakush S.E., Sivakov N.S. Numerical modeling of high-temperature melt droplet interaction with water // *Annals of Nuclear Energy*. – 2023. – Vol. 185. – 109718. – <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2023.109718>.



**Рис. 42.** Взрыв неподвижной (верхний ряд) и движущейся (нижний ряд) капли расплава в воде, показана форма поверхности расплава и паровая пленка

3. Разработан метод исследования сложных для измерений нестационарных трансзвуковых течений газа, основанный на совместном использовании PIV и термоанемометрии. Предложены новые способы совместной обработки данных термоанемометрических и PIV измерений. Использование PIV позволяет существенно снизить время и трудоемкость калибровки датчика термоанемометра, необходимой для исследования трансзвуковых сдвиговых течений. Данные термоанемометрических измерений позволяют расширить частотный диапазон PIV. На основе кросс-корреляционной обработки сигналов удалось выполнить частотно-временной анализ полей скорости, получаемых PIV методом. При этом макси-

мальные частоты, участвующие в анализе, соответствуют частотному диапазону термоанемометра (Рис. 43).

Организация: ИТПМ СО РАН.

Авторы: Вишняков О.И., Поливанов П.А., Сидоренко А.А.

Публикации:

1. Vishnyakov O.I., Polivanov P.A., Sidorenko A.A. Comparison of hot-wire and particle image velocimetry measurements in the zone of interaction of a shock wave with a boundary layer at Mach number of 1.43 // *Physics of Fluids*. – 2021. – Vol.33, No.11. –111704. – <https://doi.org/10.1063/5.0064103>. Импакт-фактор WoS: 4.98 (Q1).

2. Vishnyakov O., Polivanov P., Sidorenko A. Response of the shock wave/boundary layer interaction to disturbances induced by the plasma discharge // *Aerospace*. – 2023. – Vol. 10, No. 9. – 798. – <https://doi.org/10.3390/aerospace10090798>. Импакт-фактор WoS: 2.66 (Q1)

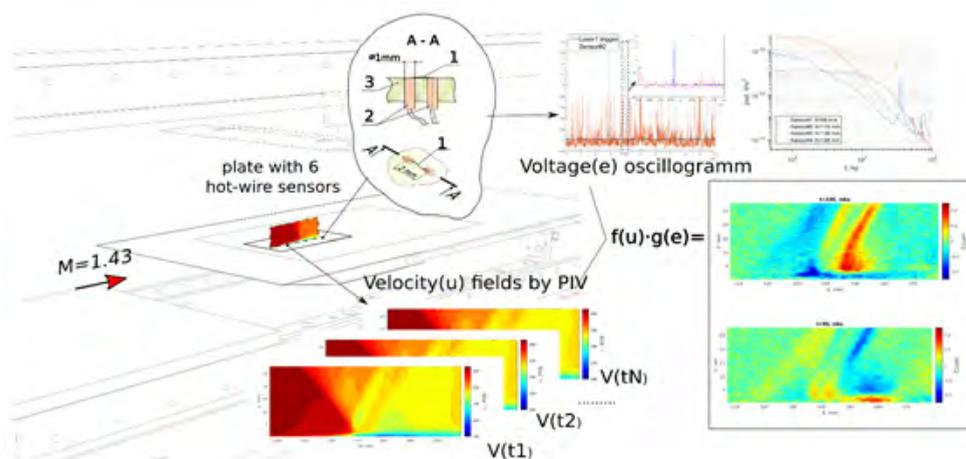


Рис. 43. Схематическое изображение разработанной методики измерений и обработки данных

4. Предложен новый подход к виртуальному тестированию процесса формирования зеренной структуры металлических изделий при аддитивном производстве. Подход базируется на компьютерном моделировании формирования нового слоя изделия с использованием гибридной модели, объединяющей методы клеточных автоматов, конечных разностей и конечных элементов для описания теплопереноса, роста зерен и оценки эффективных свойств конечного материала. На примере стали 316L, получаемой методом селективного лазерного плавления, проведена валидация разработанного подхода, выявлено влияние стратегии сканирования на эффективные свойства стали и показаны возможности оптимизации конечной структуры материала. Результаты разработки актуальны для создания цифровых двойников процессов аддитивного производства и аддитивных материалов (Рис. 44).

Организация: ИФПМ СО РАН.

Авторы: Зиновьева О.С., Романова В.А., Зиновьев А.В., Нехорошева О.А., Балахонов Р.Р.

Публикация:

Zinovieva O., Romanova V., Zinoviev A., Nekhorosheva O., Balokhonov R. Elastic properties of additively manufactured steel produced with different scan strategies // Int. J. Mech. Sci. — 2023. — Vol. 244. 108089. — <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.108089>.

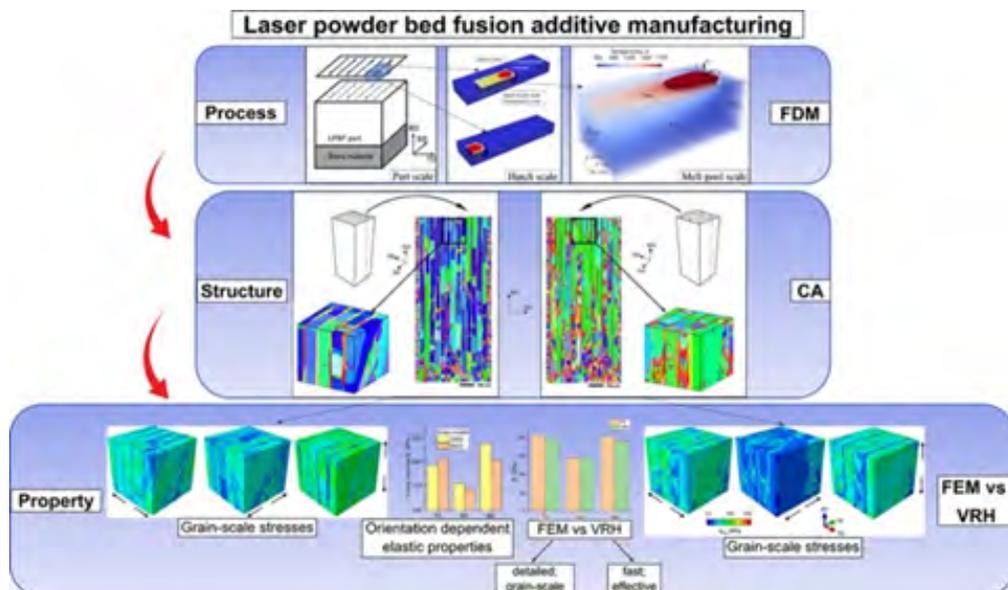


Рис. 44. Основные этапы виртуального тестирования процесса аддитивного производства металлического изделия и оценки внутренних напряжений и эффективных механических свойств

5. Разработан и успешно реализован пилотный промышленный волновой аппарат активации ферментативного гидролиза целлюлозы (Рис. 45). Обработка суспензии частиц целлюлозы в растворе ферментов осуществляется циклически в проточном режиме. Волновой механохимический эффект заключается в повышении скоростей диффузии ферментов, их сорбции и десорбции на компонентах субстрата и эффективном отводе продуктов и полупродуктов реакции расщепления целлюлоз (удаления гелеобразного олигосахаридного слоя с реагирующих лигноцеллюлозных частиц) за



Рис. 45. Общий вид волнового аппарата

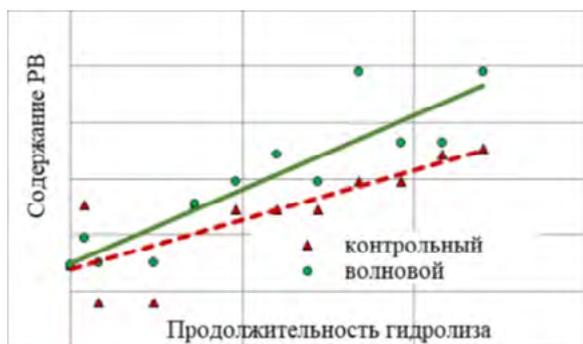


Рис. 46. Результаты промышленных испытаний

счет организации нестационарных, высокотурбулентных режимов течения суспензии в волновых полях. Это приводит к увеличению как скорости накопления редуцирующих веществ (РВ) в гидролизатах, так и степени конверсии лигноцеллюлозного сырья (Рис. 46).

Организация: ИМАШ РАН.

Авторы: академик РАН Ганиев Р.Ф., Курменев Д.В., Гришняев И.Н., Ганиев С.Р., Крюков А.И.

*Публикации:*

Ганиев О.Р., Гришняев И.Н., Ганиев С.Р., Курменев Д.В. Научные основы аэрогидродинамического измельчения лигниноцеллюлозного сырья при паровом взрыве // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2023. — № 5. — С. 16–24. <https://doi.org/10.31857/S0235711923050061>. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54348433>

Ganiev R.F., Glazunov V.A. Preface: 33rd International Conference of Young Scientists and Students Topical Problems of Mechanical Engineering 2021 (ToPME 2021)/2023, 2697, 010001.

Артамонов В.Ю., Крюков А.И., Султанова И.И. Разработка волновой технологии интенсификации приготовления буровых суспензий на углеводородной основе/сборник тезисов докладов Международной конференции «Машины, технологии и материалы для современного машиностроения», посвященной 85-летию ИМАШ РАН. Навстречу 300-летию Российской академии наук. МОСКВА. 23 ноября 2023 года. Стр. 21.

## Секция проблем машиностроения и процессов управления

### 1. Новый подход к задаче фильтрации при произвольных ограниченных внешних возмущениях

Предложен оптимизационный алгоритм решения задачи гарантирующей фильтрации при неслучайных ограниченных внешних возмущениях, основанный на ее сведении к задаче невыпуклой матричной оптимизации. Найдена оценка состояния такая, что ее ошибка гарантированно заключена в единый эллипсоид для всех моментов времени; при этом фильтр ищется в классе линейных стационарных фильтров. Подход обладает невысокой вычислительной сложностью, предполагая на каждом итерационном шаге лишь решение уравнений Ляпунова. При этом существенным с инженерно-практической точки зрения преимуществом предлагаемого подхода является возможность ограничения величины матрицы фильтра. Как показывают примеры, предлагаемая рекуррентная процедура является эффективной и приводящей ко вполне удовлет-

ворительным результатам. При этом важно отметить, что в отличие от фильтра Калмана в рамках предлагаемого подхода оказывается возможным строить оптимальные матрицы фильтра по каждой из координат вектора состояния системы в отдельности (Рис. 47).

Актуальность работы обусловлена тем, что несмотря на то, что классическая постановка задачи фильтрации при случайных возмущениях допускает практически исчерпывающее решение с помощью фильтра Калмана. Часто известен лишь факт ограниченности возмущений при их произвольном характере, что вызывает необходимость построения гарантирующих (а не вероятностных) оценок состояний.

Организация: ИПУ РАН.

Руководитель: Хлебников М.В.

*Публикация:*

М.В. Хлебников. Сравнение гарантирующего и калмановского фильтров // Автоматика и телемеханика, № 4, 2023. С. 64-95.

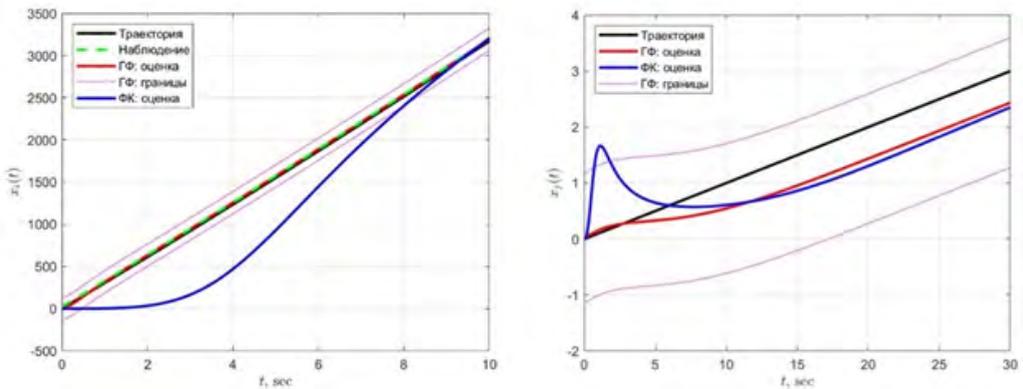


Рис. 47 Примеры решения задачи фильтрации

## 2. Метод построения теорем существования равновесий в безопасных стратегиях

Сформулирован вывод определения равновесия в безопасных стратегиях (РБС) как развитие концепции теоретико-игрового равновесия по Нэшу (РН). На этой основе разработан метод конструирования теорем существования РБС из известных теорем существования РН. При этом исходная теорема существования РН приводится к стандартной формулировке, которая, как условие, вставляется в текст мета-теоремы существования РБС. Метод конструирования теорем существования опробован на трех исходных теоремах: Дебре (1952), Рени (1999), Бика (2009). Полученные теоремы существования РБС опробованы и доработаны на хрестоматийных задачах Хотеллинга, Таллока-Скапердаса, Бертрана-Эджворта, не имеющих РН при некоторых значениях параметров. Тестирование метода на широком классе исходных теорем и теоретически актуальных задач демонстрирует высокий потенциал его применимости.

Результаты работы позволяют моделировать поведение субъектов в практически важном классе ситуаций и мотиваций, не описанных другими моделями теории игр. Ситуация, когда при реализации угрозы встречное наказание может не произойти, до сих пор не моделировалась в известных моделях ограниченной рациональности. Это подтверждается тем, что в задачах, где предложенное равновесие в безопасных стратегиях описывает реакцию игроков именно на такую опасность. Решение ранее найдено не было.

Организация: ИПУ РАН.

Руководитель: Исакаев М.В.

Публикация:

Исакаев М.Б., Исакаев А.Б. Равновесие в безопасных стратегиях как развитие концепции равновесия Нэша // Математическая теория игр и ее приложения. 2023. т.15. №1. С. 48-72.

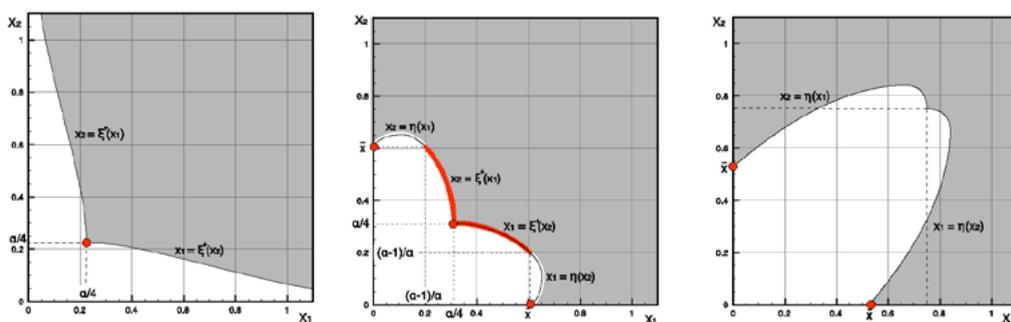


Рис. 48. Решения задачи Таллока-Скапердаса для трех значений параметров

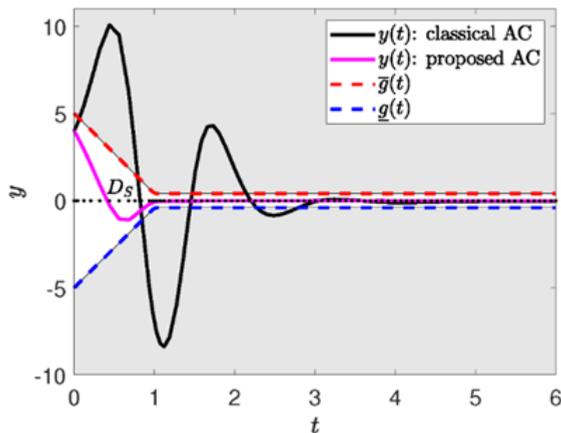
### 3. Решение проблемы управления с заданным качеством регулирования в условиях неопределенностей

Для исследования поведения динамических систем без поиска их решений широко используется метод функций Ляпунова. Функция Ляпунова часто ассоциируется с функцией энергии, тем самым исследуется изменение энергии для исследуемых систем. В классе динамических систем впервые был выделен особый тип систем, названных плотностными, для которых производная от функции Ляпунова зависит от так называемой функции плотности. Это позволило по-новому взглянуть на поведение систем не с энергетической точки зрения, а с точки зрения величины плотности пространства. В частности, эволюция систем может происходить в направлении уменьшения плотности пространства. Разработанная теория плотностных систем позволяет исследовать поведение динамических систем с точки зрения свойств плотности пространства. Хорошо известно, что при использовании существующих схем адаптивного и робастного управления возможно контролировать только процессы в установившемся режиме, но не в переходном. На практике невозможность контроля переходного процесса может привести к аварийным режимам, невыполнению требований системы безопасности и т.п. С использованием понятия функции плотности предложены новые фундаментальные принципы построения робастных и адаптивных систем управления

для объектов с неизвестными параметрами и возмущениями. Искусственное введение плотности пространства (это может быть реализовано виртуально в регуляторе) позволяет определить новое поведение динамических систем, замкнутых соответствующим регулятором. Разработанные плотностные системы управления позволяют гарантировать нахождение переходных процессов в заданных разработчиком множествах в любой момент времени, что позволяет контролировать их качество в любой момент времени. Это повышает надежность, безопасность и устойчивость системы, а также гарантирует выполнение технических требований работы устройства. В качестве примера на Рис. 49 приведены переходные процессы при использовании классического адаптивного управления и разработанного алгоритма при одних и тех же условиях. Искусственно (виртуально в регуляторе) вводится плотность пространства таким образом, что серая область – это область с высокой плотностью, белая область – с низкой. Серая область может описывать технические требования к системам с точки зрения безопасности, куда не должны входить переходные процессы. В результате классическое адаптивное управление не позволяет контролировать поведение переходных процессов и данный процесс входит в серую запретную область (черная кривая). Плотностная адаптивная система управления гарантирует нахождение только в белой области в любой момент времени (розовая кривая)

Автор: Фуртат И.Б. (ИПМаш РАН)

Публикация: Фуртат И.Б. Плотностные системы. Анализ и управление // Автоматика и телемеханика. 2023. № 11. С.55-76.



**Рис. 49.** Переходные процессы с использованием классического адаптивного управления (черная кривая) и плотностного адаптивного управления (розовая кривая). Серая область – запретная, пунктирные линии – границы запретных областей

#### 4. Научное обоснование эксплуатации робототехнической системы на МЛСП «Приразломная»

Лабораторией «Робототехника и мехатроника» ИПМех РАН совместно с СПбГ-МТУ по заказу ПАО «Газпромнефть» проведено научное обоснование применения робототехнической системы (РТС) для проведения регламентных работ на

Морской ледостойкой стационарной платформе (МЛСП) «Приразломная» (рис. 50) в условиях сурового воздействия течения и волнения морской среды, а также сложной формы поверхности основания-кессона. Была разработана комплексная схема РТС, способная к перемещению по поверхностям произвольного наклона с обеспечением надёжной фиксации на поверхности основания-кессона, а также выполнению функциональной задачи не только в воздушной, но и в водной среде, что является новым для роботов такого типа. Проведённые исследования в области численного моделирования (рис. 51) влияния суровых условиях среды (морского течения, волнения, а также ветровой нагрузки) позволили решить задачу устойчивого перемещения РТС и стабильного/управляемого выполнения функциональных задач. Оптимизация алгоритма автономного перемещения РТС и оптимальный подбор параметров энергетической компоненты РТС позволили добиться повышения эффективности её эксплуатации на МЛСП «Приразломная» (ИПМех РАН: Ермолов И.Л., Князьков М.М., Семёнов Е.А., Суханов А.Н.).

Авторы: профессор РАН Ермолов И.Л., Князьков М.М., Семёнов Е.А., Суханов А.Н. (ИПМех РАН)

*Публикации:*

Моделирование перемещения мобильного робототехнического комплекса для проведения регламентных операций по диагностике внешних поверхностей объектов морского базирования / И. Л. Ермолов, М. М. Князьков, Е. А. Семенов, А. Н. Суханов // Морские интеллектуальные технологии. — 2023. — Т. 3, № 4. — С. 68–75. DOI: 10.37220/MIT.2023.62.4.067

Ermolov I. Investigation on New Applications of Climbing and Walking Robots in Marine Environment // 2023 International Conference on Ocean Studies (ICOS). — IEEE: 2023. DOI: 10.1109/ICOS60708.2023.10424993



**Рис. 50.** Вид на МЛСП «Приразломная», в нижней части платформы виден основание-кессон

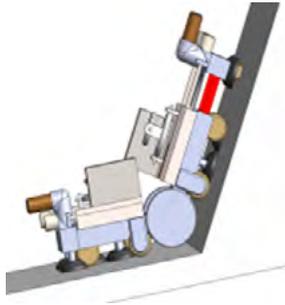


Рис. 51. Модель робота в процессе моделирования процесса перехода между гранями кессона

## 5. Разработан метод синтеза программных сигналов для избыточных манипуляционных роботов

Разработан метод автоматического формирования программных сигналов для всех электроприводов шестистепенного манипулятора, установленного на подвижном основании. Этот метод позволяет не допускать снижения заданных скорости перемещения рабочего инструмента и точности контурного управления за счет дополнительного автоматического перемещения основания манипулятора вблизи объекта работ, исключая выход всех его степеней подвижности на ограничения и вход самого манипулятора в особые положения, а также расширяя его рабочую область. Созданный метод задает конкретную конфигурацию манипулятора из множества возможных с учетом его кинематики и вида программной траектории. Результаты экспериментальных исследований (Рис. 52) подтвердили работоспособность и эффективность представленного метода.

Авторы: Филаретов В., Губанков А., Горностаев И. (ИПМТ ДВО РАН)

*Публикации:*

Filaretov V., Gubankov A. I., Gornostaev I. Development and Experimental Studies of a Method Based on a Reference Control Signal Generating System for Redundant Serial Manipulators // Robotics. – 2023. – Vol. 12. – Is. 3. – 75. <https://doi.org/10.3390/robotics12030075> (Q1, CiteScore 4.9) IF 3,7. (ИАПУ ДВО РАН совместно Севастопольским государственным университетом, с МГУ им. Невельского, ИПМТ ДВО РАН.



Рис. 52. Общий вид экспериментальной установки (слева) и траектория точного движения рабочего инструмента многостепенного манипулятора (справа)

## Секция энергетики

1. В рамках проектного направления (ПН) «Прорыв» Госкорпорации «Росатом» разработана и введена в постоянную эксплуатацию система «УРАНИЯ». Система управления данными и процессами расчётных и экспериментальных научных исследований «УРАНИЯ» предназначена для автоматизации управления расчётными и экспериментальными данными, а также организации совместной работы всех участников процессов проведения расчётных и экспериментальных исследований. «УРАНИЯ» создаётся в ИБРАЭ РАН при поддержке ведущих разработчиков РУ на быстрых нейтронах – АО «ОКБМ Африкантов» и АО «НИКИ-ЭТ». «УРАНИЯ» позволяет автоматизировать проведение расчётных исследований, включая управление расчётными данными и бизнес-процессами расчётных обоснований, запуск и управление расчётами, пре/постпроцессинг и визуализацию результатов расчётов, в том числе с использованием удалённых вычислительных ресурсов. Также в «УРАНИИ» реализованы интеграционные модули к PLM-системам, применяемым разработчиками РУ на быстрых нейтронах. В 2023 году система введена в постоянную эксплуатацию в АО «Прорыв». В 2024 году планируется ввод системы в постоянную эксплуатацию в АО «ОКБМ Африкантов» и АО «НИКИЭТ».

Автор: Сумароков С.В.



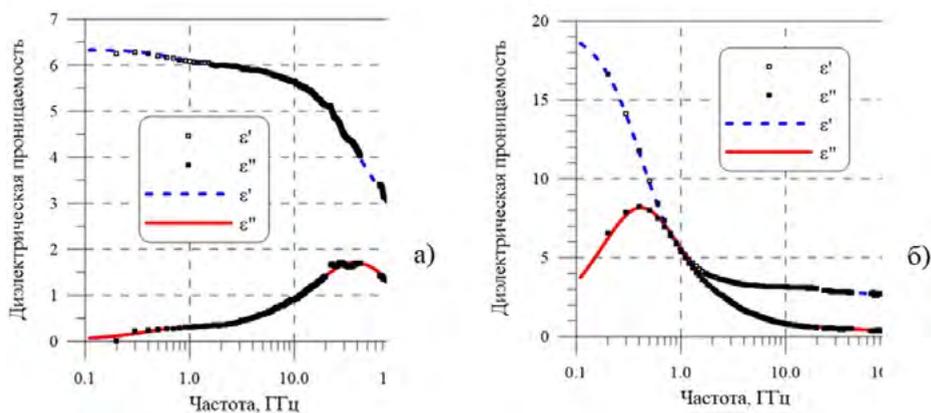
Рис. 53. Схема взаимодействия «УРАНИИ» и других информационных систем ПН «Прорыв»

2. Разработан сверхширокополосный метод измерения СВЧ диэлектрической проницаемости материалов, позволяющий выполнять измерения в диапазоне частот от 0,2 до 110 ГГц. В дополнение к имевшемуся методу коаксиального пробника, который может быть использован на частотах от 0,2 до 20 ГГц, применен разработанный квазиоптический метод для полосы частот от 2 до 110 ГГц. Измерения, проводимые в столь широкой полосе частот СВЧ диапазона, открывают широкие перспективы для экспериментального исследования свойств материалов и до сих пор не были описаны в научно-технической литературе. Для иллюстрации возможностей метода были выполнены измерения частотных зависимостей действительной ( $\epsilon'$ ) и мнимой ( $\epsilon''$ ) частей диэлектрической про-

ницаемости ряда органических растворителей. При проведении измерений растворители были помещены в плоскопараллельную кювету с радиопрозрачными стенками. Измеренные частотные зависимости  $\epsilon'$  и  $\epsilon''$  этилацетата и изопропилового спирта приведены на Рис. 54. Показано, что органические растворители со слабыми водородными связями (хлорсодержащие растворители и углеводороды) обладают низкими значениями  $\epsilon'$  (не выше 2,6) и  $\epsilon''$  (ниже 0,01), а с увеличением частоты до 110 ГГц и  $\epsilon'$ , и  $\epsilon''$  практически не изменяются, либо незначительно снижаются. Растворители с умеренно сильными водородными связями (кетоны и сложные эфиры уксусной кислоты) обладают более высокими значениями диэлектрической проницаемости (для эфиров уксусной кислоты:  $\epsilon'$  – до 7,2,  $\epsilon''$  – до 2, для кетонов:  $\epsilon'$  – до 21,  $\epsilon''$  – до 6), характеризуюсь ярко выраженной частотной дисперсией, имеющей релаксационный вид (Рис. 54а). Растворители с сильными водородными связями (Рис. 54б), также проявляют частотную дисперсию, но она возникает на более низких частотах по сравнению со случаем умеренно сильных водородных связей.

Авторы: Зарубина А.Ю., Семененко В.Н., Кибец С.Г., Басков К. М., Чистяев В.А.  
 Публикация:

Зарубина А.Ю., Семененко В.Н., Кибец С.Г., Басков К.М., Чистяев В.А. Измерение диэлектрической проницаемости органических растворителей в сверхшироком диапазоне частот // XIII Всерос. научно-техн. конф. «Метрология в радиоэлектронике», Менделеево, Московская обл., 20–22.06.2023, с.248–251.



**Рис. 54.** Частотные зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости этилацетата (а) и изопропилового спирта (б): точки – измеренные данные, линии – аппроксимации измеренных кривых суммой трех зависимостей Коул–Коула

### 3. Вихревые биотехнологии от фундаментальных исследований вихревого движения к практическим приложениям

Выполнено исследование структуры течения при организации вихревого движения в газовихревом биореакторе. Установлено, что развитие ячейки центробежной циркуляции в жидкости под границей раздела при наличии промежуточной жидкой или газообразной среды происходит аналогично тому, как это происходит в случае закрутки потока жидкости непосредственно твердым диском. Это

позволило перенести ряд важных закономерностей вихревого перемешивания в область современных биотехнологий, определить функциональные зависимости между интенсивностью вихревого перемешивания и кривыми роста фототрофных микроводорослей.

Авторы: Наумов И.В., Скрипкин С.Г., Цой М.А., Шарифуллин Б.Р., Тинтулова М.В.

*Публикации:*

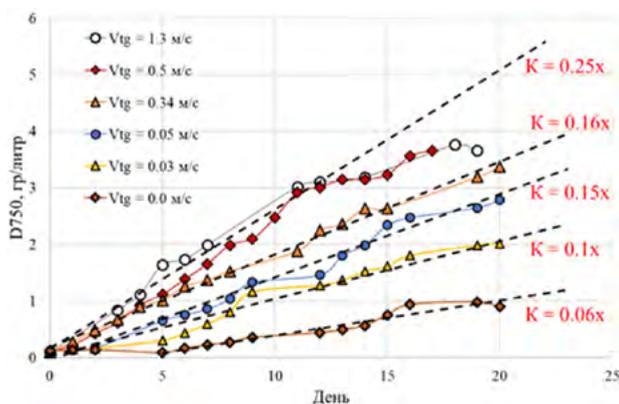
1. Naumov I.V., Skripkin S.G., Kvon A.Z., Shtern V.N. Changing interface conditions in a two-fluid rotating flow // *Physics of Fluids*. – 2023. – V.35(3). – DOI 10.1063/5.0141821 (IF 4.6)

2. Naumov I.V., Gevorgiz R.G., Skripkin S.G., Tintulova M.V., Tsoi M.A., Sharifullin B.R. Experimental study of the topological flow transformations in an aerial vortex bioreactor with a floating washer // *Biotechnology Journal*. – 2023. – 2200644. – DOI 10.1002/biot.202200644 (IF 4.7)

3. Naumov I.V., Gevorgiz R.G., Skripkin S.G., Tintulova M.V., Tsoy M.A., Sharifullin B.R. Topological flow transformations in a universal vortex bioreactor // *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*. – 2023. – 109467. – DOI 10.1016/j.cep.2023.109467 (IF 4.3).



**Рис. 55.** Пример структуры течения культуральной среды в газовихревом биореакторе (слева), сравнительные конфигурации вихревых реакторов (справа).



**Рис. 56.** Динамика роста плотности культуры *Spirulina platensis* (Nordst.) в накопительном режиме культивирования в фотобиореакторах с различным типом перемешивания в зависимости от скорости движения субстрата

#### 4. Методы анализа и обеспечения функционально-структурной надежности трубопроводных систем с активным спросом на энергию

Разработана комплексная методология создания интегрированных теплоснабжающих систем (ИТСС) с активным потребителем (АП) тепловой энергии (ТЭ), имеющим свой источник теплоты. (ИТ). На ее основе впервые сформулированы базовые задачи управления надёжностью и эффективностью ИТСС, включая оптимальное распределение нагрузки между централизованными и распределенными (у АП) источниками тепловой энергии, и обеспечение надёжности функционирования ТСС с учётом резервных функций АП. Для их решения предложен математический и методический инструментарий двухуровневого программирования, корректно описывающий модель взаимодействия ИТСС и АП, аппарат Марковских случайных процессов, элементов теории графов, моделей и методов теории гидравлических цепей (ТГЦ) и закономерностей теплофизических процессов (Рис. 57). Результат такого согласования решений приведен на Рис. 58(а), где показана оптимальная загрузка источников АП (P7) и централизованного ИТ2 в течение отопительного периода. Доля АП в покрытии нагрузки составила 13,2% от суммарного потребления ТЭ. При этом экономия эксплуатационных затрат (Рис. 58б) от перераспределения нагрузок между ИТ2 и АП составила 7,6%. Оптимальное решение находится в точке В(opt) с загрузки АП 60%. На Рис. 58(в), оно соответствует пересечению линий А'-В(opt)-С', отражающей изменение минимальных затрат от соотношения параметров надёжности элементов и В-В(opt)-В'', интерпретирующей минимальные затраты относительно загрузки АП.

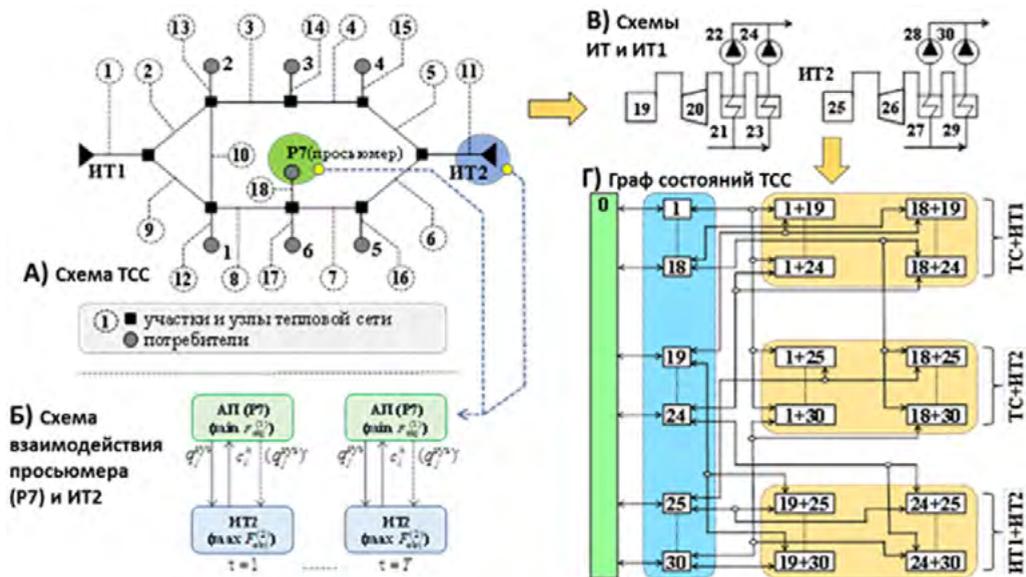


Рис. 57. Общая схема методологии

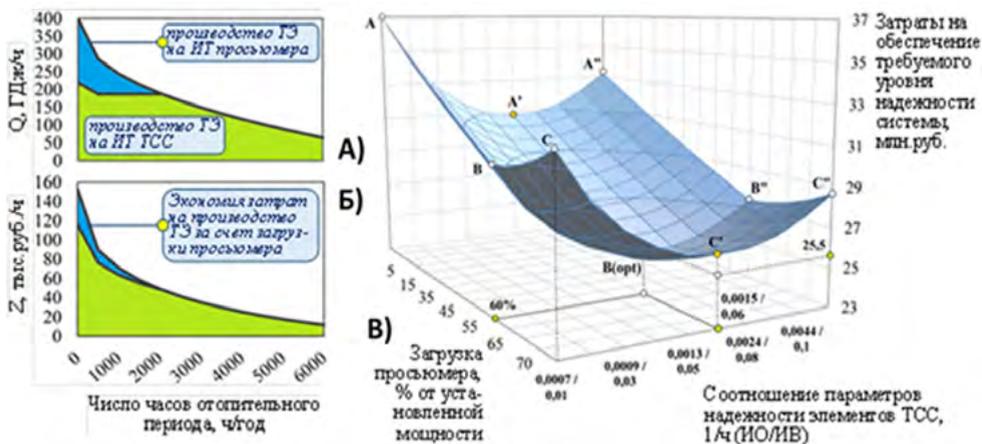


Рис. 58. Оптимальное распределение нагрузок и функционально-структурной надежности

Авторы: академик РАН Стенников В.А.-руководитель, Постников И.В., Пеньковский А.В.

Публикации:

1. Стенников В.А., Постников И.В., Пеньковский А.В. Методы и модели оптимального управления теплоснабжающей системой с учетом надежности на основе метода множителей Лагранжа и Марковского случайного процесса // Известия Российской академии наук: Энергетика, 2023, №6, с. 3–16. doi: 10.31857/S0002331021030092;

2. Postnikov I. Methods for the reliability optimization of district-distributed heating systems with prosumers // Energy Reports, 2023, vol. 9(1), p. 584–593. doi: 10.1016/j.egy.2022.11.085 (Q2 WoS, ИФ 5,2);

3. Раздел монографии – Stennikov V.A., Postnikov I.V. General methodological provisions of the hierarchical and comprehensive reliability analysis of district heating system // chapter 6 “Hierarchical modeling of analysis and control of operating conditions of pipeline energy systems” in book “Hierarchical Modeling of Energy Systems”, 2023, Elsevier Inc., ISBN 978-0-443-13917-8, pp. 419–428. doi: 10.1016/B978-0-44-313917-8.00015-8

5. В ОИВТ РАН и ПАО «Татнефть» совместно ведётся разработка первого в России энерготехнологического комплекса, в основе которого лежит технология двухстадийной пиролизической переработки, предназначенного для переработки древесины, мискантуса, осадков сточных вод, нефтешламов и др., – в «зелёный» метанол товарного качества, используемый в нефтехимических производствах. Проектная производительность комплекса составит 75 кг/ч по исходному сырью или 263 тонны готового продукта в год. Введение в эксплуатацию в п.г.т. Актубинский в Азнакаевском районе Республики Татарстан запланировано на 2024 г. Получаемый синтез-газ подвергается очистке от твёрдых частиц и микропримесей, а также при необходимости, кондиционированию до оптимального соотношения основных компонентов – водорода и монооксида углерода. Синтез метанола осуществляется в каскаде проточных реакторов с низкотемпературным

медьсодержащим катализатором, позволяющим проводить синтез метанола при низком давлении 4,0–6,0 МПа. В конце технологической цепочки проводится ректификация водно-метанольной смеси для получения продукта товарной чистоты.

Результаты промышленной апробации метода позволят определить спектр возможностей применительно к переработке отходов различного вида, создадут необходимый технологический задел для масштабирования технологии и разработки серийного изделия. Подобные энерготехнологические комплексы найдут широкое применение для производства ценных жидких химических продуктов, таких как метанол, авиабензин и различные углеводороды, в том числе ароматические, из широко распространённых отходов: древесных, сельскохозяйственных, осадков сточных вод очистных сооружений, нефтешламов и других. При этом решаются задачи, связанные экологически чистой и энергоэффективной утилизацией отходов на местах образования (ОИВТ РАН: Зайченко В.М., Малова О.В., Лавренов В.А., Ларина О.М., Сычев Г.А.).

Авторы: Зайченко В.М., Малова О.В., Лавренов В.А., Ларина О.М., Сычев Г.А.

*Публикации:*

Gerasimov G. Ya., Khaskhachikh V. V., Sychev G. A., Zaichenko V. M., Migration activity of heavy metals during pyrolysis of dried sewage sludge in a fixed-bed reactor // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, Vol. 96, № 1, pp. 112-119. 2023;

Zaichenko V.M., Lavrenov V.A., Faleeva Yu.M., Study of the slow pyrolysis of lignin, hemicellulose, and cellulose and the effect of their interaction in plant biomass // Solid Fuel Chemistry, Vol. 57, № 6, pp. 428–436, 2023.



**Рис. 59.** Компановка на площадке и технологической цепочка ректификации водно-метанольной смеси для получения продукта товарной чистоты

## **6. Проект «Анализ глобального энергетического перехода, направлений и средств эффективного участия России на мировых энергетических рынках в меняющихся условиях»**

В 2023 году в рамках исследования регуляторных условий, темпов и средств перестроения мировой энергетики и роли России в этом процессе развиты методология и адаптирован модельный инструментарий для прогнозирования мировой энергетики на долгосрочную перспективу с учетом условий и ограничений в рамках геополитических решений и энергоперехода.

Разработаны сценарии долгосрочных изменений экономико-демографических показателей потребления энергоресурсов с учетом секторальных особенностей. (Рис. 60 - Рис. 62)

Выполнен анализ ключевых факторов и стимулов долгосрочной трансформации мировой энергетики, исследованы эффективные направления ее долгосрочной перестройки.

Дана комплексная оценка возможностей трансформации мирового ТЭК с учетом экономических, политических, экологических факторов, требований энергобезопасности, а также оценка воздействия энергетического перехода и геополитических решений на экспорт энергоресурсов из России и возможности внешнеэкономической деятельности российских энергетических компаний.

В результате исследования сформирована научно-методическая основа для обоснования и принятия стратегических решений государства в сфере развития энергетики в условиях глобальных вызовов разного рода, а также для оптимизации состава механизмов управления этим развитием. Получены новые научные знания в части возможностей обеспечения устойчивого развития энергетики России в условиях критических внешних воздействий.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке основных направлений энергетической политики в стране.

Организация: ИНЭИ РАН.

Руководитель: академик РАН Макаров А.А.

*Публикации:*

Куклина А.К. Методология прогнозирования спроса на энергию в сегменте водного транспорта с учетом межтопливной конкуренции // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2023, № 1 (29), С. 54-63, DOI:10.38028/ESI.2023.29.1.005 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50487290>

Kapustin Nikita O.; Grushevenko Dmitry A. Global oil market: an outlook to 2030. How will the balance of supply and demand change over the next ten years?// International Journal of Oil, Gas and Coal Technology, 2023 Vol.33 No.4, pp.315-335 DOI:10.1504/IJOGCT.2023.132497 <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=132497>

Kapustin N.O., Grushevenko D.A. Analysis of the “circular plastics economy” phenomena and its long-term implications for demand for petroleum market // Environmental Science and Pollution Research 30, pages 85889–85902 (2023) <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28441-9> <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-28441-9#article-info>

Грушевенко Д.А. Модельный инструментарий для оценки перспектив развития межтопливной конкуренции в мировом транспортном секторе // В сборнике: Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России. Сборник трудов XVI Всероссийской научно-технической конференции. Отв. редактор В.Г. Мартынов. Москва, 2023. С. 489-498. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54796247>

Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Галкина А.А Газовая отрасль ждет перемен // Энергетическая политика, 2023, № 11 (190) DOI 10.46920/2409-5516\_2023\_11190\_24 <https://elibrary.ru/item.asp?id=54900653> <https://energypolicy.ru/wp-content/uploads/2023/11/ep-%E2%84%9611190-2023.pdf>

Мир

### Макропараметры и первичное потребление энергии

Базовый сценарий

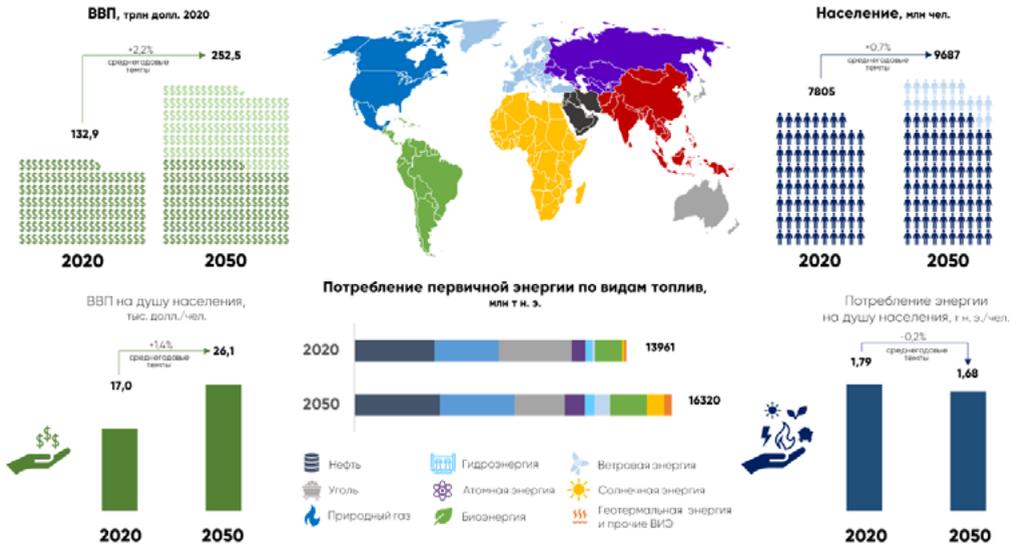


Рис. 60. Основные макропараметры, объемы и структура первичного потребления энергии в мире в Базовом сценарии

Мир

### Потребление энергии в конечных секторах, млн т н. э.

Базовый сценарий

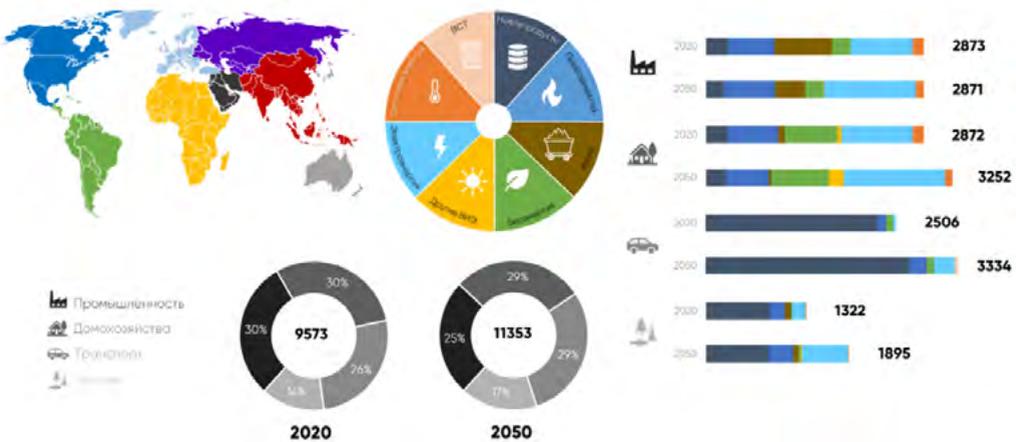


Рис. 61. Объемы и структура потребления энергии в конечных секторах в мире в Базовом сценарии

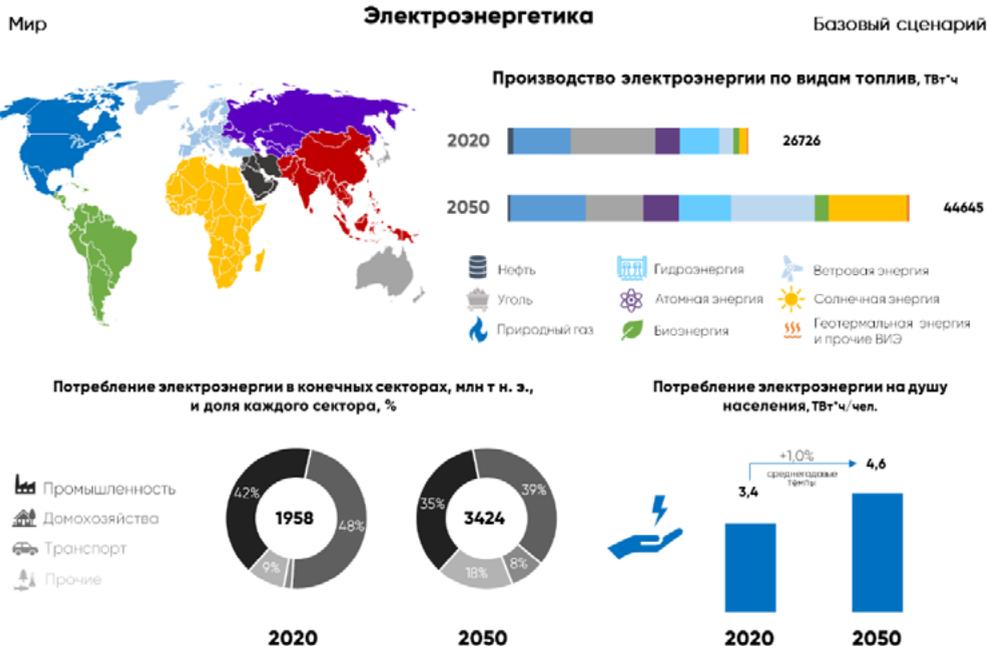


Рис. 62. Основные показатели сектора электроэнергетики в мире в Базовом сценарии

## ХИМИЯ И НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

### Оценка состояния фундаментальных наук и прогноз развития области науки по профилю Отделения химии наук о материалах РАН

Научно-исследовательские работы в 2023 году в институтах, в отношении которых ОХНМ РАН осуществляет отдельные полномочия (научно-методическое руководство), предусмотренные постановлениями Правительства Российской Федерации от 5 июня 2014 г. № 521 и от 24 декабря 2018 г. № 1652 по научным направлениям, относящимся к Отделению, велись в соответствии с «Основными направлениями фундаментальных исследований РАН», «Планом фундаментальных исследований РАН на период до 2025 года», «Программой фундаментальных научных исследований на 2021-2030 годы» и Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации.

В число приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации на ближайшие 10-15 лет включен пункт «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Данному направлению полностью соответствуют исследования, приводящиеся с помощью алгоритмов искусственного интеллекта. Искусственный интеллект (ИИ) и большие данные – это новые мощные инструменты, которые начинают все

чаще использоваться в химии для моделирования и высокоскоростной обработки больших объемов данных. Этот подход с применением машинного обучения уже успешно использован в разработке каталитических систем нового поколения. Дальнейшее развитие этого направления можно прогнозировать для решения задач и в области наук об окружающей среде для оценки рисков, изучения загрязняющих веществ, выявления и характеристики источников загрязнения, а также для моделирования технологических процессов. При этом наиболее перспективным на ближайшие годы является применение машинного обучения и анализа данных для решения проблем химии и материаловедения.

Впервые представлен новаторский подход в области катализа – адаптивный динамический гомогенный катализ (AD-HoC). Особенность данного подхода заключается в способности каталитической системы самонастраиваться, что позволяет провести химические реакции для множества различных классов соединений. Значимость разработанного подхода была доказана на практически важных примерах, включая лекарственные вещества, биологически-активные соединения и органические материалы.

Основной идеей разработанной концепции адаптивного катализа является динамическое формирование различных каталитических систем, одна или несколько из которых обеспечивают необходимый тип катализа. Исследование показало, что условия каталитической реакции меняются в зависимости от состава и строения реагентов, но каталитическая система сохраняет свою высокую активность. Эта адаптивная природа делает каталитическую систему универсальной, что было успешно продемонстрировано реакциями кросс-сочетания с различными комбинациями электрофил/нуклеофил. Концепция динамического катализа была расширена на одноатомные гетерогенные каталитические системы и реализован подход 4D-описания каталитических систем.

Ещё одно важное направление – материаловедение, ориентированное на условия региона Арктики. Металлургия никогда не выпадала из списка приоритетов, и одним из основных материалов является сталь. Поэтому актуально исследование физической природы замедленного хрупкого разрушения высокоуглеродистой стали и разработка на этой основе технологических решений по предотвращению преждевременного хрупкого разрушения рельсовой стали. В 2023 году разработаны рекомендации по совершенствованию сквозной технологии непрерывнолитых сортовых заготовок и рельсов, обеспечивающие повышение однородности их химического состава и снижение отбраковки рельсов по дефектам мартенситно-бейнитной неоднородности. Результат работы в настоящее время успешно применяются на ряде предприятий, что приводит к снижению отбраковки рельсов по дефектам мартенситно-бейнитной неоднородности.

Очень актуальна проблема глобального потепления, и основная её часть устранения – уменьшение выбросов углекислого газа. Оптимальным вариантом решения является его переработка и один из наиболее перспективных подходов заключается в превращение  $\text{CO}_2$  в востребованные продукты высокотехнологичной переработкой. Было исследовано селективное гидрирование  $\text{CO}_2$  в метанол на биметаллических катализаторах  $\text{Cu-Zn/SiO}_2$ . Проведено систематическое изучение электронных свойств биметаллических  $\text{Cu-Zn}$  частиц, а также их трансформации под воздействием газовой и реакционной среды в зависимости от условий обработ-

ки комбинацией методов РФЭС, XAS и DRIFTS, в том числе в режиме operando. Методами РФЭС и XAS было обнаружено, что CuZn сплав формируется в процессе обработки катализатора в  $H_2$ . Однако в реакционных условиях ( $CO_2+H_2$ ) сплав быстро трансформируется в  $Cu^0\text{-}Zn^{2+}$ , что и обеспечивает высокую каталитическую активность данного катализатора с селективностью по метанолу >80 %.

В свете расширения применения радиоактивных изотопов в гражданских и медицинских целях крайне востребованными становятся методы контроля их утечек и устранения последствий таких событий, а также выделения редких металлов. В ходе работ в этом направлении основные усилия были направлены на получение новых типов сорбентов, а именно: синтезирован кристаллический алюмосиликат микромезопористой структуры Фожазита с микросферической морфологией частиц размером 1-4 мкм и развитой площадью поверхности 370 м<sup>2</sup>/г. Оценена сорбционная эффективность материала и проведено моделирование изотерм адсорбции ионов металлов  $Cs^+$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $La^{3+}$ , представляющих собой потенциальные источники токсичного и радиоактивного загрязнения водных сред. Доказано, что синтетический материал имеет высокую сорбционную емкость и представляет перспективу в качестве универсального сорбента для обеспечения селективной очистки водных сред от радионуклидов  $^{137}Cs$ ,  $^{90}Sr$ ,  $^{60}Co$ , извлечения тяжелого металла  $Pb^{2+}$ , а также концентрирования ценного РЗЭ в виде  $La^{3+}$ . Дополнительно доказана эффективность перевода отработанного сорбента в керамическую отвержденную форму для потенциального длительного и безопасного захоронения.

Космические исследования остаются одними из наиболее важных направлений и по сей день. При этом эффективность выведения любых космических аппаратов на орбиту до сих пор недостаточно высока, и, вне всяких сомнений, требуются исследования для её повышения. Одно из направлений – использование более эффективных топлив. Эти же топлива могут быть применены и в других, не ориентированных на космос, приборах/аппаратах, где используется реактивная тяга. В обеспечение создания высокоэнергетических смесевых твердых ракетных топлив (СРТТ) с широким температурным диапазоном эксплуатации ( $\pm 50^\circ C$ ) в 2023 году проведены исследования термодинамической совместимости и устойчивости морозостойкого активного связующего (АСГВ) на основе уретанового каучука и некристаллизующегося до температуры – 60°C нитроэфирного пластификатора, а также фазовых и релаксационных переходов в АГСВ. Разработанное морозостойкое АГСВ обладает одним релаксационным переходом при температуре – 82°C, обусловленным его стеклованием, что свидетельствует о стабильности его фазового состава в требуемом температурном диапазоне. Результаты выполненных исследований используются при разработке новых высокоэнергетических СРТТ с широким температурным диапазоном эксплуатации с улучшенными по сравнению со штатными топливами энергомассовыми характеристиками.

В части исследований высокомолекулярных соединений по-прежнему актуальными остаются полимерные материалы для применения в изделиях, функционирующих во влажных условиях и в водных средах. Разработан отечественный звукопрозрачный полиуретан, предназначенный для герметизации и формирования обводов сложных форм гидроакустических антенн (ГАА), отвечающий требованиям морской подводной техники. Применение нового материала способствует развитию материаловедческой и сырьевой базы отечественной промышленности,

что позволит обеспечить необходимыми российскими материалами, разработку и производство высокотехнологичной морской техники, военного, гражданского и двойного назначения, конкурентоспособной на мировом рынке и в конечном итоге обеспечивает независимость государства.

Остаётся актуальной проблема обеспечения ультрасовременной элементной базой разработок (основанных на квантовых принципах) вычислительной техники «завтрашнего дня». В этом направлении в 2023 году получены соединения, демонстрирующие индуцируемую полем медленную магнитную релаксацию, несмотря на отсутствие расщепления в нулевом магнитном поле. Они представляют собой новые примеры редкого семейства магнитоактивных систем со спином  $S = \frac{1}{2}$ , стабильных в нормальных условиях и демонстрирующих медленную магнитную релаксацию, потенциал которой может использовать в молекулярных спиновых устройствах или в качестве молекулярных кубитов.

По-прежнему чрезвычайно важными остаются исследования в области стекла. Крайне востребованы практически значимые системы и иммерсионные среды, используемые для скрытия дефектов в алмазах и для оптической томографии высокопреломляющих минералов, микрооптические компоненты приборов полупроводниковой техники, газовые ИК-сенсоры, мультиспектральные приборы, оптические волоконные щупы.

В 2023 г. впервые открыт феномен «молекулярной коммутации», который расширил и дополнил теорию о строении и природе ДНК-взаимодействий на основе строгого соответствия (комплементарности) пар оснований. Возможность реализации такого механизма была продемонстрирована на схеме организации работы биологической ячейки памяти, рекордной по скорости и эффективности схеме проведения молекулярных вычислений, а также экспериментально показан возможный путь регуляции работы генов при помощи максимально некомплементарных к ним последовательностей нуклеиновых кислот. На основе оригинального математического аппарата открыты пути увеличения точности «классического» метода NUPACK в части предсказания энергии взаимодействия и структуры пар произвольно выбранных полинуклеотидов.

Поскольку явление носит фундаментальный характер, выявление механизмов его реализации или блокировки в живой природе имеет общемировую значимость и актуальность. Способно существенно расширить современное понимание базовых принципов молекулярной биологии, повлиять на методологию получения, обработки и интерпретации информации в целом ряде наук о живой материи и, таким образом, критически улучшить, например, методы профилактики, предупреждения и терапии социально-значимых заболеваний, в том числе онкологических и вирусных.

Продолжается процесс перевода процедур здоровьесбережения в форму персонализированной медицины. Поэтому разработка оригинальных инновационных подходов к созданию новых лекарственных препаратов остаётся в центре внимания. Синтезируемые новые биомолекулы (разработанные с использованием ИИ) могут расширить спектр вакцин для борьбы с появляющимися и эндемичными вирусами. Усовершенствованные стратегии доставки вакцин и индуцирования иммуногенности имеют решающее значение для защиты от будущих вспышек. Перспективными являются и биоконъюгированные биоматериалы – новая генера-

ция активных материалов. Биоматериалы переопределяют современную медицину – от новых химических стратегий до модификации гидрогелей или биосовместимых методов стабилизации белков и пептидов, биоматериалы меняют методы выявления и лечения заболеваний. Остаются востребованными и противотуберкулезные препараты, особенно против дормантных штаммов палочки Коха.

Все перечисленные направления исследований и разработок критически важны для спектра приоритетных направления Стратегии НТР РФ, фактически определяющие их эффективную практическую реализацию. Это требует увеличение адресной государственной поддержки исследований в данных направлениях в рамках отдельных проектов различного масштаба, а также создания новых специализированных лабораторий и научных центров мирового уровня.

Развитие фундаментальных наук по направлениям ОХНМ РАН имеет тенденцию к интеграции нескольких научных направлений и развитию междисциплинарных связей. В современных условиях это происходит на фоне цифровой трансформации, когда, в частности, решаются вопросы, связанные с декарбонизацией и энергосберегающими технологиями, поиском новых типов материалов из сплавов с уникальными свойствами.

Крайне необходима разработка комплексной программы по развитию промышленности малотоннажной химии для производства востребованных сегодня и завтра ассортимента продуктов и материалов для химической, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, фармацевтической, авиационной, космической, пищевой, парфюмерной и косметической промышленности, а также ВВСТ.

Основные конкурентные преимущества нашей страны заключаются в наличии квалифицированных научных кадров, имеющегося научного задела для новых разработок. В качестве основных факторов, сдерживающих развитие науки, можно назвать недостаточное финансирование закупок нового технологического и исследовательского оборудования и расходных материалов для его поддержания в работоспособном состоянии, недостаточное количество ставок научных сотрудников (прежде всего – молодых ученых) в организациях, занимающихся фундаментальной наукой, а также имеющий место отток ученых в иные сферы деятельности, где уровень зарплат существенно выше даже по сравнению с зарплатами уже состоявшихся высококвалифицированных ученых, занимающихся фундаментальными и прикладными разработками. Негативно сказывается и наличие в Российской Федерации только одного фонда, который выделяет гранты в области естественных наук, и ограниченность финансовых возможностей этого фонда.

Также сохраняются проблемы, связанные как с инертностью бизнеса по внедрению фундаментальных разработок в промышленность, так и с отсутствием прямого государственного заказа на разработку конкретных перспективных материалов и технологий. Не проработаны механизмы, облегчающие продвижение НИР на этап НИОКР, отсутствуют налоговые и иные способы поощрения заинтересованности производственных и научно-производственных организаций в заказе НИР.

В качестве заключения можно отметить, что по уровню фундаментальных исследований в области химии и наук о материалах Российской Федерации пока удаётся оставаться на уровне ведущих развитых стран как за счет наличия квалифицированных научных кадров и новых разработок, так и за счет научно-технического задела предыдущих лет.

# Важнейшие достижения

## Секция химии ОХНМ РАН

### 1. Адаптивный динамический Ni и Pd катализ для селективного органического синтеза

Впервые представлен новаторский подход в области катализа – адаптивный динамический гомогенный катализ (AD-HoC) с использованием никеля и видимого света для создания универсального катализатора тонкого органического синтеза. Особенность данного подхода заключается в способности каталитической системы самонастраиваться, что позволяет провести химические реакции для множества различных классов соединений. Значимость разработанного подхода была доказана на практически-важных примерах, включая лекарственные вещества, биологически-активные соединения и органические материалы.

Основной идеей разработанной концепции адаптивного катализа является динамическое формирование различных никелевых комплексов, один или несколько из которых в условиях фоторедокс-превращений обеспечивают необходимые электронные и координационные требования для катализа. Исследование показало, что условия каталитической реакции меняются в зависимости от состава и строения реагентов, но каталитическая система сохраняет свою высокую активность. Эта адаптивная природа делает каталитическую систему универсальной, что было успешно продемонстрировано в работе реакциями кросс-сочетания с различными комбинациями электрофила/нуклеофила. Разработанный синтетический метод предоставляет простую, но в то же время предсказуемую платформу для реакций кросс-сочетания C(sp<sup>2</sup>)-X, упрощающую текущий подход к отбору условий реакций для конкретных химических трансформаций. Разработанный подход динамического катализа был расширен на одноатомные гетерогенные каталитические системы и реализован подход 4D-описания каталитических систем (Рис. 63).

Организация: Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН.

Руководитель работы: академик РАН Анаников В.П.

Исполнители: к.х.н Шлапаков Н.С., к.х.н Бурькина Ю.В., к.х.н. Галушко А.С., асп. Бойко Д.А., к.х.н. Пенцак Е.О., к.х.н. Еремин Д.Б.

*Публикации:*

Ghosh I., Shlapakov N.S., Karl T.A., Düker J., Nikitin M., Burykina J.V., Ananikov V.P., König B. «General cross-coupling reactions with adaptive dynamic homogeneous catalysis», *Nature*, 2023, 619, pages 87–93. Импакт-фактор = 64.8. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06087-4>

Международная коллаборация: Университет Регенсбурга (Германия).

Galushko A.S., Boiko D.A., Pentsak E.O., Eremin D.B., Ananikov V. P. «Time-Resolved Formation and Operation Maps of Pd Catalysts Suggest a Key Role of Single Atom Centers in Cross-Coupling», *J. Am. Chem. Soc.*, 2023, 145, 16, 9092-9103. Импакт-фактор = 15.0. <https://doi.org/10.1021/jacs.3c00645>

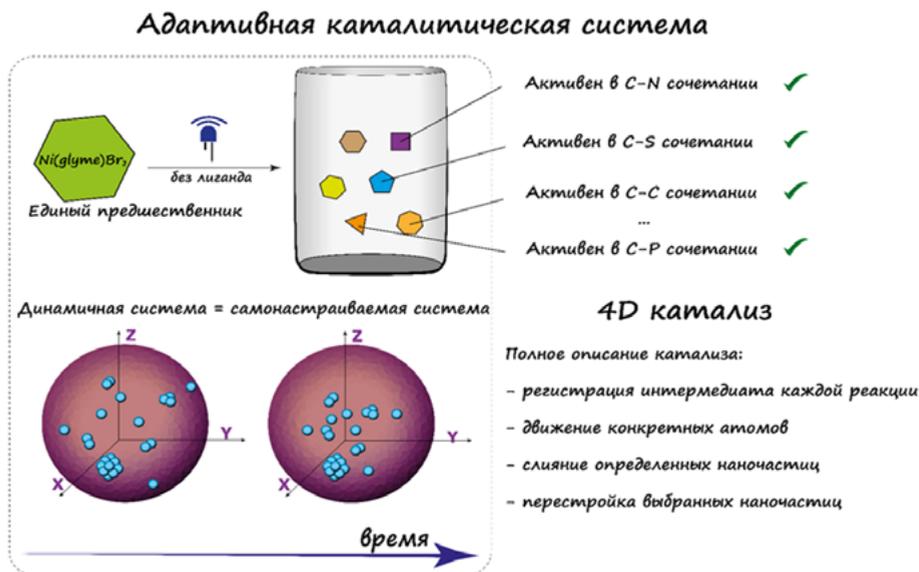


Рис. 63. Адаптивная каталитическая система

## 2. Исследование селективного гидрирования $\text{CO}_2$ в метанол на биметаллических катализаторах $\text{Cu-Zn/SiO}_2$

Изучена корреляция между каталитическими свойствами, такими как активность и селективность, биметаллических  $\text{Cu-Zn/SiO}_2$  катализаторов в реакции гидрирования  $\text{CO}_2$  с образованием метанола и состоянием активной поверхности. Проведено систематическое исследование электронных свойств биметаллических  $\text{Cu-Zn}$  частиц, а также их трансформации под воздействием газовой и реакционной среды в зависимости от условий обработки комбинацией методов РФЭС, XAS и DRIFTS, в том числе в режиме operando. Методами РФЭС и XAS было обнаружено, что  $\text{CuZn}$  сплав формируется в процессе обработки катализатора в  $\text{H}_2$ , однако в реакционных условиях ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ ) сплав быстро трансформируется в  $\text{Cu}^0\text{-Zn}^{2+}$ , что и обеспечивает высокую каталитическую активность данного катализатора с селективностью по метанолу  $>80\%$ .

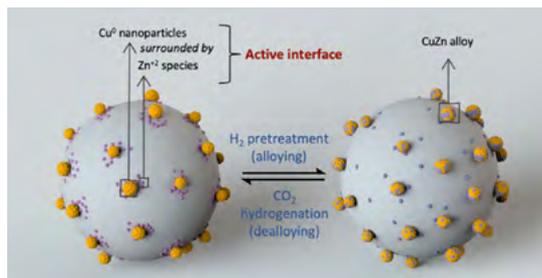


Рис. 64. Графическое изображение процессов, происходящих на поверхности биметаллических  $\text{Cu-Zn/SiO}_2$  катализаторов в ходе обработки в  $\text{H}_2$  и в процессе гидрирования  $\text{CO}_2$  в метанол

Методом operando DRIFTS было установлено, что в процессе гидрирования  $\text{CO}_2$  на  $\text{Cu-Zn/SiO}_2$  катализаторе образуется интермедиат  $\mu\text{-HCOO}^*(\text{ZnO}_x)$ , который гораздо быстрее гидрируется в метанол по сравнению с  $\mu\text{-HCOO}^*(\text{Cu})$ , формирующимся на монометаллическом  $\text{Cu/SiO}_2$  катализаторе.

Организация: ФИЦ ИК СО РАН.

Авторы: Бухтияров А.В., Просвирин И.П.

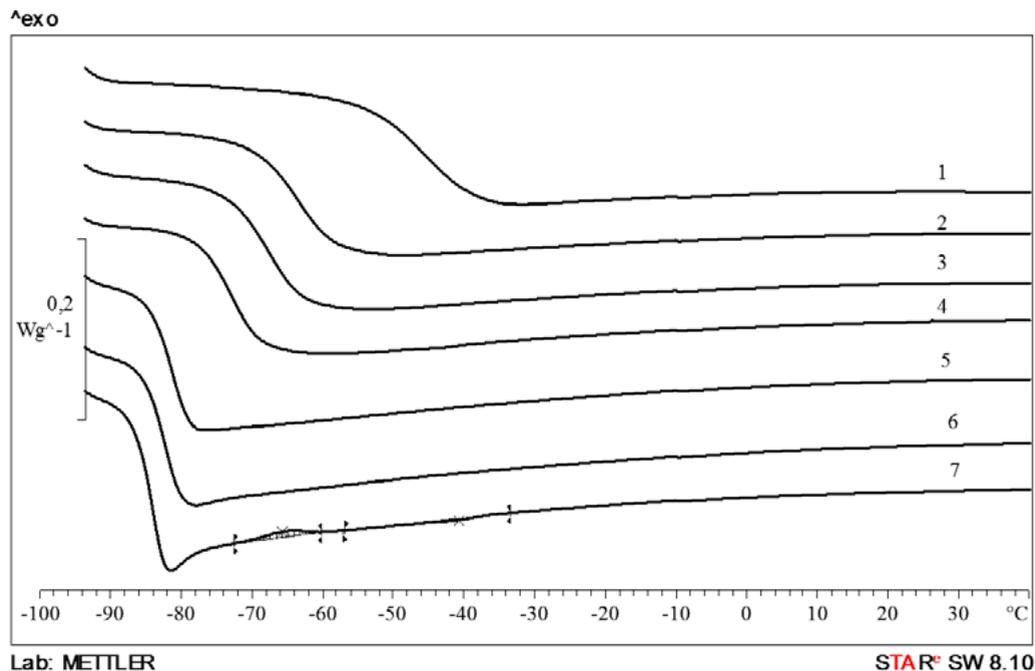
*Публикация:*

Zhou H., Docherty S.R., Phongprueksathat N., Chen Z., Bukhtiyarov A.V., Prosvirin I.P., Safonova O.V., Urakawa A., Copéret C., Müller C.R., Fedorov A. Combining Atomic Layer Deposition with Surface Organometallic Chemistry to Enhance Atomic-Scale Interactions and Improve the Activity and Selectivity of Cu–Zn/SiO<sub>2</sub> Catalysts for the Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to Methanol // JACS Au, 2023, 3, 2536–2549. DOI: 10.1021/jacsau.3c00319, IF – 8,0.

### 3. Разработка высокоэнергетических СРТТ с расширенным до $-60^{\circ}\text{C}$ температурном диапазоном эксплуатации

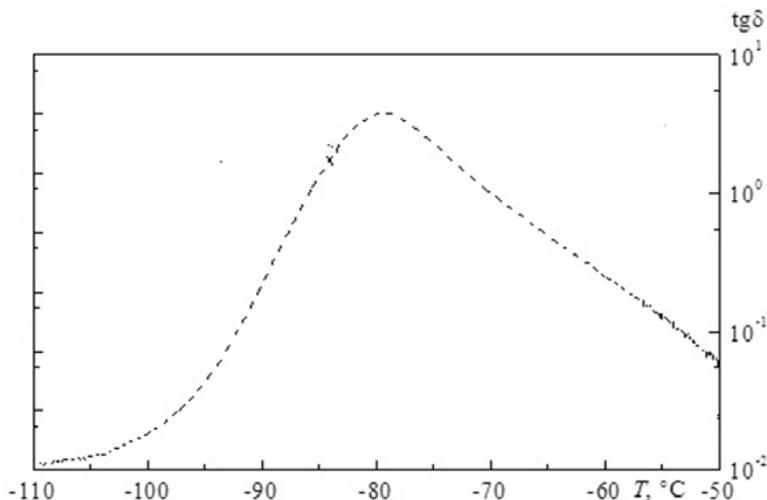
В обеспечение создания высокоэнергетических смесевых твёрдых ракетных топлив (СРТТ) с широким температурным диапазоном эксплуатации ( $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ) в ФГУП «ФЦДТ «Союз» проведены исследования термодинамической совместности и устойчивости морозостойкого активного связующего (АСГВ) на основе уретанового каучука и некристаллизующегося до температуры  $-60^{\circ}\text{C}$  нитроэфирного пластификатора, а также фазовых и релаксационных переходов в АГСВ.

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии установлены температуры релаксационных и фазовых переходов в морозостойком АГСВ с различным содержанием пластификатора (Рис. 65) и определены температурно-концентрационные пределы термодинамической устойчивости связующего.



**Рис. 65.** Термограммы АГСВ с различным содержанием пластификатора:  
1 – 20% масс.; 2 – 40% масс.; 3 – 50% масс.; 4 – 60 % масс.; 5 – 80 % масс.;  
6 – 83 % масс.; 7 – 90 % масс

Методом динамического механического анализа изучена термодинамическая устойчивость АГСВ в широком диапазоне температур (Рис. 66). Показано, что разработанное морозостойкое АГСВ обладает одним релаксационным переходом при температуре  $-82^{\circ}\text{C}$ , обусловленным его стеклованием, что свидетельствует о стабильности его фазового состава в требуемом температурном диапазоне.



**Рис. 66.** Температурные зависимости тангенса угла механических потерь ( $\text{tg}\delta$ ) вулканизатов АГСВ на основе уретанового каучука, пластифицированного нитроэфиром

Результаты выполненных исследований использованы при разработке новых высокоэнергетических СРТТ с широким температурным диапазоном эксплуатации с улучшенными по сравнению со штатными топливами энергомассовыми характеристиками для перспективных общевооруженных ракетных комплексов.

Организация: ФГУП «ФЦДТ «Союз».

Авторы: академик РАН Ю.М. Милехин, д.т.н. Ю.М. Лотменцев, д.т.н. А.А. Матвеев, д.т.н. Н.И. Шишов, К.А. Пчелинцев.

#### **4. Медленная магнитная релаксация в комплексах меди(II) с пентагетероциклическим трифенодиоксазиновыми лигандами**

На основе бис(гексафторацетилацетоната)  $\text{Cu(II)}$  получены квазиодномерный и биядерный комплексы (Рис. 67) с трифенодиоксазиновыми лигандами разного строения, демонстрирующие индуцируемую полем медленную магнитную релаксацию, несмотря на отсутствие расщепления в нулевом магнитном поле. В зависимости от периферийных заместителей в гетероциклическом лиганде получаемые в одинаковых условиях комплексы имеют различную молекулярную и кристаллическую структуру и магнитные свойства.

Комплексы представляют собой новые примеры редкого семейства магнитоактивных систем со спином  $S = 1/2$ , стабильных в нормальных условиях и демонстрирующих медленную магнитную релаксацию, потенциал которой может использовать в молекулярных спиновых устройствах или в качестве молекулярных кубитов (Рис. 68).

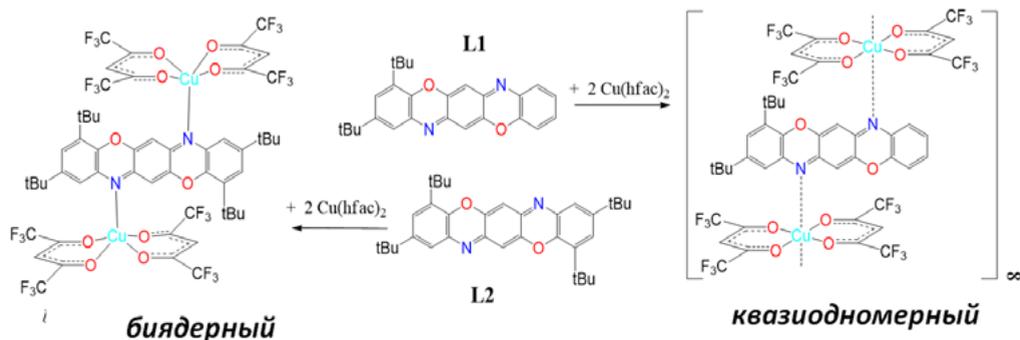


Рис. 67. Получение комплексов

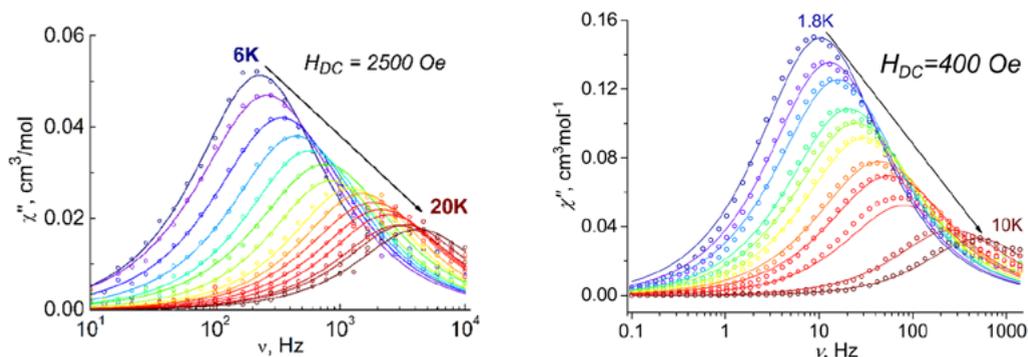


Рис. 68. Частотные зависимости мнимой части восприимчивости ( $\chi''$ ) для бидерного (слева) и квазиодномерного (справа) комплексов Cu(II) с трифенодиоксазиновыми лигандами. Точки – эксперимент, сплошные линии – аппроксимация обобщенной моделью Дебая

Организации: ФИЦ ПХФ и МХ РАН. Работа проводилась в консорциуме с ЮФУ и ИОНХ РАН в рамках крупного проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации “Фундаментальные основы спиновых технологий и направленного конструирования «умных» полифункциональных материалов для спинтроники и молекулярной электроники” (руководитель: академик РАН С.М. Алдошин) номер соглашения 075-15-2020-779.

Авторы: Д.В. Корчагин, Н.Н. Ефимов, Р.Б. Моргунов, А.В. Палий, С.М. Алдошин (ФИЦ ПХФ и МХ РАН), Е.П. Ивахненко, П.А. Князев, А.Г. Стариков, В.И. Минкин (ЮФУ); О.П. Демидов (ИОНХ РАН).

*Публикация:*

Korchagin D.V., Ivakhnenko E.P., Demidov O.P., Knyazev P.A., Efimov N.N., Morgunov R.B., Starikov A.G., Paliy A.V., Minkin V.I., Aldoshin S.M. Field-assisted slow relaxation of magnetization in Cu(II) complexes with a pentaheterocyclic triphenodioxazine ligands: quasi-one-dimensional versus binuclear case, // New J. Chem. – 2023. – Vol. 47. – P. 21353 - 21360. (Q2) DOI 10.1039/D3NJ04614A

## 5. Подходы к получению биологически активных органических соединений: Новый антикоагулянт в ряду замещённых [1,2,4] триазоло[1,5-*a*]пиримидинов

Венозная тромбоземболия представляет собой серьезную клиническую проблему, связанную со значительной заболеваемостью и смертностью, вызываемых коронавирусом COVID-19 и другими инфекционными заболеваниями. Прямые ингибиторы тромбина более эффективны, чем другие антикоагулянты (такие как гепарин и варфарин), благодаря их более высокой способности ингибировать как свободный, так и связанный тромбин, относительно безопасному фармакологическому профилю. Поэтому поиск новых прямых ингибиторов

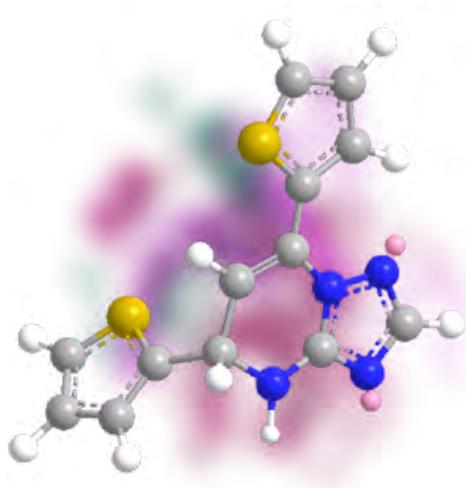


Рис. 69. Соединение NAR-0273b

тромбина в настоящее время весьма востребован. ИОС УрО РАН совместно с Волгоградским государственным медицинским университетом выявлен новый прямой ингибитор тромбина, представляющий интерес для разработки нового поколения эффективных и синтетически доступных препаратов, препятствующих развитию микро- и макротромбозов при COVID-19. Установлено, что соединение **NAR-0273b** (Рис. 69) обладает способностью удлинять тромбиновое время, превосходя препарат сравнения дабигатрана этексилат, но не влияет на протромбиновое время, что указывает на его способность ингибировать тромбин.

Соединение	Удлинение тромбинового времени относительно контрольной группы, %			EC <sub>50</sub> , мкМ
	10 мкМ	5 мкМ	1 мкМ	
Дабигатрана этексилат	302.0 ± 34.4	176.1 ± 15.3	42.3 ± 5.6	1.4
NAR-0273b	467.1 ± 14.4	194.1 ± 10.0	46.5 ± 6.7	1.3

Организация: ИОС УрО РАН.

Руководители работы: академик РАН В.Н. Чарушин, к.х.н. Г.Л. Русинов.

Исполнители: м.н.с. Н.А. Распутин, к.х.н. Дёмина Н.С.

Публикация:

Alexander A. Spasov, Olga V. Fedorova, Nikolay A. Rasputin, Irina G. Ovchinnikova, Rashida I. Ishmetova, Nina K. Ignatenko, Evgeny B. Gorbunov, Gusein A.o. Sadykhov, Aida F. Kucheryavenko, Kseniia A. Gaidukova, Victor S. Sirotenko, Gennady L. Rusinov, Egor V. Verbitskiy and Valery N. Charushin; Novel Substituted Azoloazines with Anticoagulant Activity. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24(21), 15581.

## Секция наук о материалах ОХНМ РАН

### 1. Исследование физической природы замедленного хрупкого разрушения высокоуглеродистой стали и разработка на этой основе технологических мероприятий по предотвращению преждевременного хрупкого разрушения рельсовой стали

Изучены особенности физической природы замедленного хрупкого разрушения высокоуглеродистого закаленного мартенсита, причины образования продуктов сдвиговых превращений при производстве дифференцированно-закаленных рельсов и разработаны рекомендации по предотвращению их возникновения, а именно.

Определены особенности феноменологии явления замедленного хрупкого разрушения (ЗХР) высокоуглеродистого закаленного мартенсита, заключающиеся в том, что в отличие от низко- и среднеуглеродистого мартенсита, в которых замедленное разрушение развивается в 3 стадии, при замедленном разрушении высокоуглеродистой закаленной стали практически отсутствует («вырождается») стадия стабильного роста трещины.

Установлена связь между склонностью к ЗХР и уровнем локальных остаточных микронапряжений и микроискажений кристаллической решетки в высокоуглеродистой закаленной стали – чем ниже уровень остаточных микронапряжений, тем выше сопротивление ЗХР, что подтверждает их ведущую роль в механизме явления ЗХР.

Впервые определена немонотонная зависимость уровня остаточных микроискажений от величины приложенного упругого напряжения в закаленном высокоуглеродистом мартенсита: при увеличении напряжений сначала их снижение, а затем возрастание. Показано, что минимум на немонотонной зависимости микроискажений  $\Delta a/a$  от упругого напряжения близок по величине к пороговому напряжению при ЗХР, т.е. напряжению, нагружение ниже которого оно не наблюдается, что подтверждает физическую природу порогового напряжения, как напряжения, при котором изменяется механизм релаксационных процессов под влиянием внешнего напряжения.

Разработаны рекомендации по совершенствованию сквозной технологии НЛЗ и рельсов, обеспечивающие повышение однородности химического состава НЛЗ и снижение отбраковки рельсов по дефектам мартенситно-бейнитной неоднородности.

Результат работы в настоящее время успешно применяются на ряде предприятий, что приводит к снижению отбраковки рельсов по дефектам мартенситно-бейнитной неоднородности.

Организация: ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина».

Авторы: Ливанова Н.О., Филиппов Г.А., Демиров Н.А. Каскин Б.К., Куклев А.В., Нарусова Е.Ю.

*Публикации:*

1. Ливанова Н.О., Филиппов Г.А., Демиров Н.А. Влияние структурного состояния высокоуглеродистых сталей на сопротивление замедленному хрупкому разрушению. В книге: Актуальные проблемы прочности (АПП-2023). Материалы LXVI Международной конференции. Санкт-Петербург. 2023. С. 64;

2. Каскин Б.К., Куклев А.В., Ливанова Н.О., Нарусова Е.Ю., Филиппов Г.А. Влияние химического состава и технологии производства на структурную неоднородность рельсов из стали Э76Ф // Сталь. 2022. № 6. С. 33-37.

## 2. Кристаллический алюмосиликат

Синтезирован кристаллический алюмосиликат микромезопористой структуры Фожазита с микросферической морфологией частиц размером 1-4 мкм и развитой площадью поверхности 370 м<sup>2</sup>/г (рис. 1). Оценена сорбционная эффективность материала и проведено моделирование изотерм адсорбции ионов металлов Cs<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, La<sup>3+</sup>, представляющих собой потенциальные источники токсичного и радиоактивного загрязнения водных сред (Рис. 70). Доказано, что синтетический материал имеет высокую сорбционную емкость согласно моделям изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха, Ленгмюра-Фрейндлиха и представляет перспективу в качестве универсального сорбента для обеспечения селективной очистки водных сред от радионуклидов <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>60</sup>Co, извлечения тяжелого металла Pb<sup>2+</sup>, а также концентрирования ценного РЗЭ в виде La<sup>3+</sup>. Дополнительно доказана эффективность перевода отработанного сорбента в керамическую отвержденную форму для потенциального длительного и безопасного захоронения.

Организации: ДВФУ совместно с ИОНХ НАН Беларуси и SICCAS (КНР)

Авторы: Папынов Е.К., Шичалин О.О., Иванец А.И.

Публикации:

1. Shichalin O.O., Papynov E.K., Ivanov N.P., Balanov M.I., Dran'kov A.N., Shkuratov A.L., Zarubina N.V., Fedorets A.N., Mayorov V.Yu., Lembikov A.O., Yun Shi, Tananaev I.G., Ivanets A.I. Study of adsorption and immobilization of Cs<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, La<sup>3+</sup> ions on Na-Faujasite zeolite transformed in solid state matrices // Separation and Purification Technology. 2023. Vol. 332. P. 125662. DOI.10.1016/j.seppur.2023.125662.

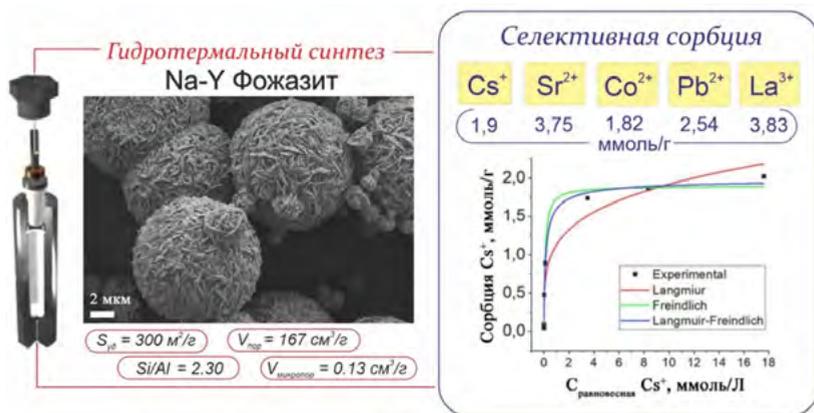


Рис. 70. РЭМ изображение микросферического алюмосиликата структуры Фожазита и его адсорбционные характеристики по отношению к потенциальным радиоактивным и токсичным загрязнителям, а также ценным редкоземельным металлам

## 3. Новый звукопрозрачный материал

Разработан отечественный звукопрозрачный полиуретан, предназначенный для герметизации и формирования обводов сложных форм гидроакустических антенн (ГАА), отвечающий требованиям морской подводной техники.

Применяемый с середины прошлого века процесс изготовления обтекателей из резиновых смесей методом вулканизации имеет ряд известных недостатков, которые существенно ограничивают габаритные размеры получаемых обводов обтекателей. Современные конструкции ГАА, имеющие более сложную геометрию обвода, невозможно изготовить этим способом. Технология герметизации полиуретановым эластомером (полиуретаном) использует более дешёвую оснастку, менее массивное и менее энергоёмкое оборудование и при этом позволяет получить практически любую геометрию обвода с более сложными и объёмными формами обтекателя ГАА (Рис. 71).

Возможность изготовления принципиально новых ГАА, имеющих обтекатель сложной формы, с существенно увеличенной протяженностью обвода, позволяет уменьшить шумы обтекания и за счет этого улучшить ТТХ изделий.

Применение новой технологии способствует переходу на новый качественный уровень технологического развития, позволяет осуществить преобразования в конструкторской и технологической областях, направленные на повышение качественных и функциональных характеристик перспективных изделий морского подводного оружия и специальной морской техники,

Применение нового материала способствует развитию материаловедческой и сырьевой базы отечественной промышленности, что позволит обеспечить необходимыми российскими материалами, разработку и производство высокотехнологичной морской техники, военного, гражданского и двойного назначения, конкурентоспособной на мировом рынке и в конечном итоге обеспечивает независимость государства.

Организация: АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».

Авторы: Никитин Г.А., Повалишин А.Ю., Чижев С.А., Шарова Н.О., Щукина Е.В., Стрельников В.Н., Сеничев В.Ю., Слободнюк А.И., Погорельцев Э.В.

*Публикация:*

Патент на изобретение RU 2798571 приоритет от 21.07.2022 г. «Литьевая полиуретановая композиция».



**Рис. 71.** Конструктивно-подобный макет обтекателя ГАА

#### **4. Разработка теории и практики феномена молекулярной коммутации как альтернативный механизм обработки информации ДНК и генетической регуляции**

В 2023 г. впервые открыт феномен «молекулярной коммутации», который расширил и дополнил общепринятую теорию Уотсона-Крика о строении и природе ДНК-взаимодействий на основе строгого соответствия (комплементарности) пар оснований. Автор доказал принципиально иной механизм хранения и обработки информации ДНК/РНК, основанный на обратимых низкоаффинных взаимодействиях между не полностью или даже совершенно некомплементарными нуклеиновыми кислотами. Возможность реализации такого механизма была продемонстрирована автором на ряде примеров из различных важных областей современной науки, включая схему организации работы биологической ячейки памяти; рекордную по скорости и эффективности схему проведения молекулярных вычислений; сверхсложную биокомпьютерную систему, имитирующую логический элемент «И» с 572 входами, а также экспериментально показан возможный путь регуляции работы генов при помощи максимально некомплементарных к ним последовательностей нуклеиновых кислот. Были получены важнейшие результаты по расширению области применения данного прорывного открытия. В частности, на основе оригинального математического аппарата открыты и подтверждены высокоточными измерениями пути увеличения точности «классического» метода NUPACK в части предсказания энергии взаимодействия и структуры пар произвольно выбранных полинуклеотидов.

Поскольку открытое явление носит фундаментальный характер, выявление механизмов его реализации или блокировки в живой природе имеет общемировую значимость и актуальность, способно существенно расширить современное понимание базовых принципов молекулярной биологии, повлиять на методологию получения, обработки и интерпретации информации в целом ряде наук о живой материи и, таким образом, критически улучшить, например, методы профилактики, предупреждения и терапии социально-значимых заболеваний, в том числе онкологических и вирусных.

Организация: МФТИ.

Автор: д.ф.-м.н. Никитин М.П.

*Публикация:*

Nikitin M.P. Non-complementary strand commutation as a fundamental alternative for information processing by DNA and gene regulation // Nature Chemistry. 2023. С. 1-13.

#### **5. Ручной автономный «Тканевой пистолет» для сшивания ран и мягких тканей в полевых условиях**

Разработано ручное автономное устройство двухкомпонентной биопечати для лечения раневых поверхностей «Тканевой пистолет» (Рис. 72), для которого проведены доклинические исследования на мышах на базе НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, проведены доклинические исследования на крысах, а также протестировано использование на пациентах с применением гидрогелевых компо-

зиций ООО «Колетекс» на базе ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации. Устройство предназначено для обработки раневых дефектов с целью ускорения регенеративных процессов при поверхностных ранениях различной степени тяжести. Возможно использование «Тканевого пистолета» при первичном закрытии ожогов, лечении ожогов II–III АБ степени, инфицированных ран, а также ран с болевым синдромом. Принцип работы «Тканевого пистолета» заключается в контролируемом нанесении альгинат содержащих активных компонентов через гибкую лопатку в область ранения с параллельной сшивкой поверхностного слоя активного компонента при помощи ультразвукового распылителя. Гибкие лопатки позволяют наносить материалы на ранения различной площади и типа. Материал, используемый при производстве лопаток на основе медицинского полиуретана, снижает риск механического повреждения обрабатываемого ранения. При необходимости нанесенный гидрогелевый материал можно легко и атравматично удалить. В настоящее время ведутся переговоры с ООО «Колетекс» и АО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг» о производстве продукта. Ведутся переговоры с Росздравнадзором по поводу регистрации тканевого пистолета как медицинского изделия.

Организация: НИТУ МИСиС.

Авторы: Айдемир Т., Миронов В.А., Сенатов Ф.С., Хесуани Ю.Д., Петров С.В., Кудан Е.В.

*Публикации:*

Патент на изобретение № 2793065 С1, 28.03.2023.



Рис. 72. Стандартная комплектация «Тканевого пистолета»

## 6. Халькогенидные и лазерные стекла для инфракрасного диапазона

Разработан класс практически значимых халькогенидных стеклообразных составов в галогенхалькогенидных стеклообразных системах  $As(Sb, Bi, Ge)-S-Se-\Gamma$ , где  $\Gamma - I, Br$ , изучены кинетики кристаллизации, оптические и механические ха-

рактические, изучено влияние различных добавок на структурные особенности строения стекол. Отработаны технологические приемы ввода галогенов в заданных количествах, изучена природа поверхностной нестабильности, построены области стеклообразования устойчивых при медленных скоростях охлаждения стекол. Проведено моделирование стеклообразных систем, сопоставляющее физико-химические и оптические свойства, определены наиболее приемлемые составы стекол, обладающие низкой склонностью к кристаллизации, широкой областью прозрачности, высоким уровнем межслоевой адгезии, относительно высокой механической прочностью и химической устойчивостью (Рис. 73). Разработанные составы представляют большую практическую значимость для оптического материаловедения, поскольку расширяют существующую номенклатуру составов стекол, применяемых в ИК области спектра.

Это позволило реализовать и внедрить ряд стеклообразных материалов: иммерсионные среды для скрытия дефектов в алмазах, твердотельные иммерсионные среды для оптической томографии высокопреломляющих минералов, микрооптические компоненты приборов полупроводниковой техники, газовые ИК-сенсоры, мультиспектральные приборы, оптические волоконные щупы (Рис. 74). Результаты внедрены на предприятиях АО «Смоленский кристалл», ООО «Микросенсор технолоджи», LT Lexus Diamond, India, ООО «Ювелит», Кострома, ООО «Оптосен», НПО «Орион».

Проектируется и тестируется лабораторное и полупромышленное оборудование для изготовления газовых сенсоров – до 150 тыс. изд./год; линз ИК-диапазона диаметром 30 - 150 мм – до 100 тыс. изд./год; микрооптических компонентов – до 500 тыс. изд./год; Также идет разработка новых приборов на базе термопластов из халькогенидного стекла, среди них миниатюрный полупроводниковый спектрометр БИК диапазона, волоконные сенсоры, газовые сенсоры для высокотемпературных зон, системы сбора данных по концентрации газов с «роя» сенсоров.

Автор: к.х.н. Семенчи А.В.(СПБПУ)

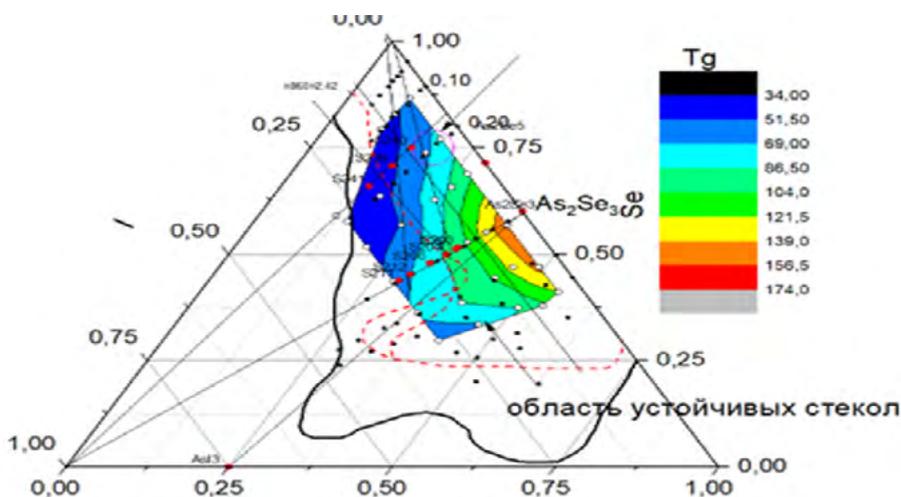


Рис. 73. Область практически значимых стекол в системе As-S-I

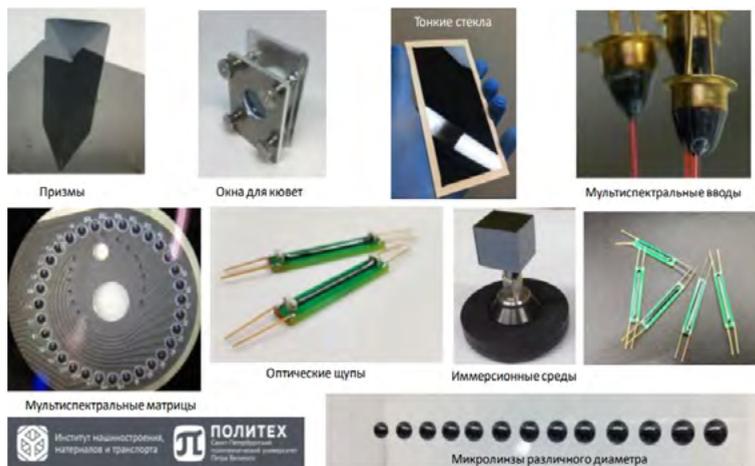


Рис. 74. Примеры изделий из халькогенидных термопластов

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Сведения о состоянии биологических наук в 2023 г.

Биология – наука о живых организмах и их взаимодействии со средой обитания. Биология изучает все аспекты жизни, в частности: структуру, функционирование, рост, происхождение, эволюцию и распределение живых организмов на Земле, классифицирует и описывает живые существа, происхождение их видов, взаимодействие между собой и с окружающей средой.

С каждым годом роль биологии в современном обществе возрастает. Опережающее развитие комплекса наук о жизни и расширение практической сферы их применения в значительной степени обусловлено социально-экономическими потребностями общества. Такие актуальные проблемы, как возникновение новых и возвращение «старых», казалось бы, забытых инфекций, дефицит питьевой воды и продовольствия, загрязнение окружающей среды, инвазии чужеродных видов, деградация земель, недостаток, и, как следствие, чрезмерная эксплуатация возобновляемых природных ресурсов и многие другие, уже не могут быть решены традиционными методами. Во многом все эти проблемы порождены ростом потребления и научно-техническим прогрессом общества и должны решаться также с использованием его новейших достижений.

Биология представляет собой фундамент и теоретическую базу для многих отраслей, прежде всего, для медицины и сельского хозяйства. Большая роль в этом отводится биотехнологиям, применяющим биологические системы и процессы в различных сферах человеческой деятельности. Биотехнологии находятся в ряду наиболее приоритетных направлений научно-технического прогресса и являются ярким примером «высоких технологий», с которыми связывают перспективы развития многих производств и обеспечение безопасности страны, а также рациональное использование биологических ресурсов и сохранение природных биосистем.

Современная биология включает значительное количество различных научных дисциплин, предметом изучения которых являются все уровни организации живой материи. Так, молекулярный уровень описывает взаимодействия молекул, составляющих клетки и обуславливающих все её процессы, клеточный – рассматривает клетки как элементарные единицы строения живого, тканевой и организологический - совокупности клеток, образующих ткани, и отдельных органов, обладающих собственным строением, функциональной нагрузкой и местоположением в организме. Организменный уровень описывает отдельные организмы; популяционно-видовой, биогеоценотический – взаимодействие видов между собой и с различными факторами окружающей среды и, наконец, биосферный уровень - совокупность всех биогеоценозов, включающих и обуславливающих все явления жизни на Земле.

Совокупность биологических дисциплин принято подразделять на две большие области – общая биология и физико-химическая биология, изучающие биосистемы разного уровня. Общая биология изучает процессы на уровне организмов, популяций, видов и экосистем, а физико-химическая биология - молекулярные основы живого – состав и строение клеток, и лежащие в основе их жизнедеятельности процессы. В последние десятилетия происходит существенное взаимопроникновение двух этих областей биологии – в общей биологии все большее значение приобретают физико-химические методы, а физико-химическая биология все в большей степени опирается на знания, полученные общими биологами. Так, открытые и описываемые общими биологами в природе организмы и явления в дальнейшем становятся объектами изучения физико-химической биологии, и результаты этих работ позволяют понять суть процессов, происходящих в природных биосистемах.

В 2023 г биологические исследования выполнялись в соответствии с детализированным планом Программы фундаментальных и поисковых научных исследований в Российской Федерации на 2021-2030 гг. Работа в рамках приоритетов Программы обеспечивает сосредоточение усилий ученых на наиболее важных научных направлениях, позволяет оперативно реагировать на современные вызовы с использованием новейших научных достижений и вносить необходимые корректировки и изменения в планы исследований. Важным достижением Программы является объединение в ее рамках различных сегментов российской науки – академической, ВУЗовской, отраслевой и др.

Следует отметить, что российской биологической науке в 2023 г. в значительной степени удалось преодолеть трудности, связанные с СВО и с санкционным режимом со стороны западных стран. Продолжают осуществляться поставки реактивов и оборудования, как за счет поставок из дружественных стран, так и импортозамещения. Надо признать, однако, что уровень цен существенно вырос. На наш взгляд, в настоящее время одной из основных проблем являются трудности при оплате публикаций в высокорейтинговых международных журналах. Невозможность прямых переводов, наряду с резко возросшей стоимостью вследствие падения курса рубля, а также общей недоброжелательностью зарубежных редакций существенно затрудняют демонстрацию последних достижений российской биологии на международном «научном рынке». Сложившаяся ситуация, которая, по-видимому, вряд ли будет разрешена в ближайшее время, очевидно, требует существенной перестройки материальной базы науки, опережающего развития

предприятий приборостроительной и химической промышленности, существенного улучшения работы поставщиков биологического материала – биоресурсных коллекций микроорганизмов, растений и животных; развитие сети вивариев, питомников, ботанических садов и др.

В области общей биологии основными направлениями являются биология развития и эволюция живых систем, общая генетика, исследования биологического разнообразия и биоресурсов, экология биосистем (взаимодействие организмов друг с другом и окружающей средой), обеспечение экологической безопасности природных систем, изучение почвенного покрова как компонента биосферы.

В области биологии развития и эволюции живых систем в 2023 г. успешно развивались работы по экспериментальному подтверждению эволюции опухолей, регенерации беспозвоночных животных, эволюции морских одноклеточных организмов, крупным таксономическим группам вымерших организмов.

Получены прямые экспериментальные подтверждения новой биологической теории эволюции путём неофункционализации наследуемых опухолей (cancer-evo-devo), объединяющих в рамках единой теории три основных типа биологического развития – эволюционное, индивидуальное и неопластическое развитие. Основная гипотеза теории состоит в том, что наследуемые опухоли предоставляют эволюционирующим организмам клеточных массы, являющиеся полигоном для экспрессии эволюционно новых генов и сочетаний генов.

Впервые установлены гены, а также биологические процессы, ассоциированные с регенерацией мышц у иглокожих. Результаты исследования указывают на различия процессов миогенеза у иглокожих и позвоночных и позволяют сделать вывод о том, что миогенные стволовые клетки (миосателлиты) и миогенез на их основе сформировались только у позвоночных в связи с усилением роли сократительной системы в жизнедеятельности организмов.

Опубликована коллективная монография «Triassic tetrapods of Russia», в которой представлены результаты ревизии и обобщения материалов по триасовым тетраподам России. Составлен аннотированный каталог видов и рассмотрена последовательность множественных этапов смены триасовых тетраподных сообществ Европейской России в ходе восстановления наземной биоты после пермского кризиса. На территории Европейской России выделено три региона, различающихся по характеру зоогеографических связей тетрапод, а также частью по специфике населяемых биотопов или по степени близости последних к очагам формообразования.

По направлению экология биосистем были продолжены работы по оценкам секвестирования углерода природными экосистемами, инвазиям чужеродных видов, изучению качественного состава веществ, циркулирующих в пищевых сетях экосистем. На основе методов дистанционного зондирования показано, что площадь старовозрастных лесов России (старше 200 лет), составляет 163 млн га (около 20% площади страны, покрытой лесом). Вклад лиственных лесов и лиственных редколесий достигает 87%. Запасы углерода в древесной фитомассе старовозрастных лесов достигают 7,33 млрд т, что составляет 13% от общих запасов углерода лесов, при этом 86% углерода фитомассы аккумулируется в лиственных лесах. Запасы углерода в древостоях этих лесов в среднем в 4 раза выше, чем в лесах на ранних стадиях сукцессии, но запасы углерода в 30-см минеральном

слое почв ниже в 1,7 раза (58 т/га против 99 т/га). Это объясняется отсутствием оконной мозаики, низким качеством опада бука и пихты, и соответственно, низкой скоростью его разложения.

Одной из сложнейших экологических и экономических проблем в мире являются инвазивные виды, которые нарушают существующие экосистемы и приводят к существенному экономическому ущербу. С использованием методов экологического моделирования и геоинформационных технологий создана база данных и проведено исследование, которое показало, что распространение инвазивных видов началось в начале XVII века и продолжается в настоящее время с нарастающей скоростью. Число натурализовавшихся инвазивных видов нелинейно увеличивалось в течение последних десятилетий. Регионы с наибольшим числом таких видов расположены в центре европейской части России, Чёрном море, Ленинградской области, включая Финский залив. Установлено, что сильнее всего расширят свои ареалы пресноводные и околосводные организмы, в наименьшей степени морские виды. Промежуточное положение займут наземные виды.

Животные, разлагающие растительный опад (сапрофаги), составляют важнейшую долю биомассы на Земле, но мало используются человеком как потенциальный источник микроэлементов. Для оценки питательной ценности по микроэлементам были выбраны 30 видов беспозвоночных, полученных из природных экосистем Европейской России, а также ряд широко культивируемых видов из тропических регионов: тараканы (Blattodea), личинки и имаго жуков (Coleoptera), коллемболы (Collembola), многоножки (Diplopoda), личинки мух, включая черную львинку (Diptera), дождевые черви (Nematoda), мокрицы (Isopoda), сверчки (Orthoptera). Оценен их аминокислотный, микроэлементный и витаминный состав, определены таксономические различия в составе и соотношении микроэлементов, а также конкретные таксоны, естественно обогащённые микронутриентами, для дальнейшего рассмотрения в качестве потенциальных кормовых добавок. Наиболее перспективными видами признаны дождевые черви *Lumbricus terrestris*, *Octolasion lacteum*, и жук-носорог *Oryctes nasicornis*.

В области исследований биологического разнообразия и биоресурсов получены новые результаты в плане описания новых видов и групп, а также особенностей их морфологии и образа жизни; обобщению данных (созданию сводок) по крупным таксонам. Исследования микронасекомых с исключительно мелкими размерами тела (доли миллиметра) открыли целый ряд перспектив в исследовании актуальных проблем не только общей биологии: морфологические особенности живых организмов, связанные с миниатюризацией, особенности аллометрии и изометрии роста органов микронасекомых, особенности строения нервной системы (впервые у животных обнаружены безъядерные нейроны и описано уникальное явление лизиса тел и ядер нейронов в процессе метаморфоза), но и в области биотехнологических и биоинформационных направлений, таких как микроробототехника, нанооптика, моделирование нейронных сетей, изучение масштабирования сенсорных систем.

Исследования глубоководных экосистем в районах газово-флюидных эманаций в Беринговом море выявили значительную пространственную неоднородность их состава и структуры. Описано 10 новых для науки видов. Показана важнейшая роль органического вещества хемосинтетического происхождения

в диете обильных сообществ фильтраторов и седиментаторов в глубоководных экосистемах. Продолжены масштабные работы по инвентаризации глубоководного биоразнообразия и биоресурсов в северной части Тихого океана. Показано, что глубоководные организмы являются важным источником новых биологически активных соединений.

На основе набора данных из 52 внутригрупповых таксонов и пяти фрагментов генов была создана первая филогенетическая гипотеза для жуков-чернотелок трибы *Helopini* – разнообразной, но еще слабо изученной группы насекомых. Филогенетическая реконструкция позволяет пересмотреть систему и понять межродовые отношения внутри этого таксона. Результаты указывают на раннемеловое происхождение этой трибы, подчеркивая тесную связь между *Helopini* и грибами, образующими лишайники. Впервые на основе метагенетических и морфологических подходов дана интегральная оценка активного и скрытого разнообразия фототрофной микробиоты биологических почвенных корок горных тундр северных регионов Урала. Выявлено 422 таксона наземных цианобактерий и эукариотических водорослей.

В области почвоведения установлена причина формирования необычных форм гумуса, обнаруженных в загрязненных промышленными выбросами лесах. Эти формы совмещают не встречающиеся вместе в естественных условиях признаки зоогенно активных мюллер-форм и незоогенных мор-форм. Оказалось, что внутри лесной подстилки выражен вертикальный градиент токсичности: содержание металлов и кислотность увеличиваются сверху вниз, достигая максимальных значений на границе органического и органоминерального горизонтов, а степень насыщенности обменного комплекса кальцием и магнием, наоборот, уменьшается. Градиент токсичности создается из-за снижения поступления поллютантов. Именно он обуславливает специфический характер реколонизации макрофауной загрязненных почв (заселения лесной подстилки с верхних слоев, а не равномерно по всей ее толще) и образование необычных форм гумуса. На основе анализа строения органогенных горизонтов можно оценивать процессы техногенной эволюции форм гумуса и судить о степени деградации или восстановления почв на загрязненных территориях.

Ряд важных фундаментальных и прикладных результатов получены в области общей генетики. В результате изучения структуры хромосом насекомых методами сравнительной геномики выявлены новые, неизвестные ранее принципы организации и эволюции геномов. Обнаружено, что большинство насекомых имеет чрезвычайно своеобразную, отличную от других эукариот, структуру теломер – концевых участков хромосом. Показано, что теломерная ДНК у них состоит из закономерно чередующихся коротких нуклеотидных повторов и ретротранспозонов. Установлены цитогенетические и молекулярные механизмы, обеспечивающие эволюционную стабильность хромосомных наборов в одних таксономических группах и взрывную хромосомную эволюцию в других. Полученные результаты указывают на наличие у насекомых особой системы канонических и неканонических механизмов, поддерживающих длину теломер в онтогенезе и филогенезе. Поддержание длины теломер имеет принципиальное значение для процессов репликации ДНК, а значит и для функционирования всех эукариотических организмов, поэтому обнаруженные закономерности могут быть востребованы в исследованиях общебиологического характера и, потенциально, в медицине.

Разработан и экспериментально продемонстрирован новый метод повышения защитных функций растений от *Pseudomonas syringae* – фитопатогенной бактерии, вызывающей заболевания свёклы, пшеницы, оливы, проса, яблони, гороха, фасоли. Были созданы синтетические молекулы РНК, способные ингибировать белок – фактор вирулентности бактерии. Показано, что в трансформированных растениях резуховидки Таля (*Arabidopsis thaliana*), несущих последовательность синтетической РНК, подавляется развитие фитопатогена – рост популяции бактериальных клеток в листьях трансгенных растений существенно снижен по сравнению с контрольными растениями. Метод может быть адаптирован для защиты культурных растений.

Основными направлениями физико-химической биологии являются функциональная микробиология, биохимия, биофизика и структурная биология, молекулярная биология, молекулярная генетика и геномные исследования, клеточная биология, иммунология и вирусология, системная биология и биоинформатика, биотехнология и синтетическая биология. По всем этим направлениям в 2023 году были получены значимые научные результаты.

Так, в рамках направления экспериментальная биология растений было установлено, что мутация рецептора цитокининов OsHK4 привела к открытию регуляторного модуля с положительной обратной связью, контролирующего размер соцветия риса. Архитектура и размер соцветия важны для урожая зерна риса (*Oryza sativa*). Ранее было показано, что фитогормон цитокинин (ЦК) регулирует развитие соцветий риса, однако механизм действия ЦК до сих пор неясен. В исследовании была изучена мутация риса *pal1*, при которой уменьшается размер соцветия из-за снижения активности меристем. Было установлено, что мутация затрагивает один из рецепторов ЦК, OsHK4. Делеция двух аминокислот в длинной  $\alpha$ -спирали сенсорного модуля OsHK4 нарушила передачу сигналов ЦК в клеточное ядро, которая в норме происходит посредством белка-регулятора ответа типа В OsRR21. При этом обнаружено, что ген IPA1/WFP, кодирующий положительный регулятор развития меристемы соцветия, напрямую активируется OsRR21. Кроме того, оказалось, что IPA1/WFP, в свою очередь, напрямую связывается с промотором гена рецептора OsHK4 и усиливает его экспрессию, замыкая цепочку положительной обратной связи. Эта информация может быть полезной для повышения урожайности риса.

В области клеточной биологии, иммунологии и вирусологии показана принципиальная возможность регулировать фармакокинетику и фармакодинамику таргетных противораковых препаратов на основе ре-инжиниринга Т-клеток пациента с помощью каталитических химерных антигенных рецепторов (catalytic CAR-T). Применение модифицированных Т-клеток пациента, несущих химерный антигенный рецептор (CAR), получило широкое распространение для лечения онкологических заболеваний. Однако данный революционный подход имеет существенные ограничения из-за возможности возникновения цитокинового шторма. Для обеспечения контролируемой фармакокинетики и фармакодинамики нового класса клеточных противораковых препаратов на основе CAR-T и возможной отмены действия препарата было предложено использовать в качестве опухоль-направляющего модуля антитела с остатком лизина, способного участвовать в каталитическом акте образования обратимой ковалентной связи с гаптенем 1,3-дикетона. Таким образом, активность каталитического химерного антигенного рецептора

может регулироваться концентрацией низкомолекулярных адапторов – субстратов каталитического CAR-T. Этот адаптер избирательно связывается с гаптенем и выбранным опухолевым антигеном через низкомолекулярный специфический аддукт, идентифицированный с помощью библиотеки ДНК-кодируемых соединений. Таким образом, адаптер контролирует образование ковалентной связи между каталитическим антителом и гаптенем, а также привязку CAR T-клеток к опухолевым клеткам и, следовательно, цитотоксичность и специфичность цитотоксических T-клеток. Данный эффект продемонстрирован *in vitro* и у мышей с ксенотрансплантатами рака простаты. Такие низкомолекулярные «переключения» цитотоксичности и специфичности T-клеток посредством антиген-независимого «универсального» CAR могут улучшить контроль и профиль безопасности клеточной иммунотерапии на основе CAR.

Выявлена роль прицентромерной сателлитной ДНК в формировании опухолевого микроокружения в аденокарциноме легкого мыши и человека. Доказано, что транскрипты исследованных последовательностей активируют провоспалительный фенотип фибробластов, ассоциированных с опухолью, что способствуют формированию проопухолевого микроокружения. Данный тип фибробластов обладает иммуносупрессивным эффектом и стимулирует развитие опухоли. Молекулы сателлитной РНК покидают клетки и интернируются соседними опухолевыми клетками. Полученные данные объясняют ассоциацию активации транскрипции прицентромерных сателлитных ДНК с плохим прогнозом развития заболевания и позволяют говорить об обнаружении новых диагностических маркеров и потенциальных мишеней для терапии, находящихся в опухолевой нише – одного из ключевых факторов туморогенеза. Полученный теоретический задел позволяет перейти к экспериментам *in vivo* по подбору методов воздействия на выявленное новое звено канцерогенеза с целью разработки новых методов терапии, препятствующих формированию микроокружения опухоли.

В рамках направления системной биологии и биоинформатики разработана теория и практика феномена молекулярной коммутации как альтернативный механизм обработки информации ДНК и генетической регуляции. Впервые открыт феномен «молекулярной коммутации», расширяющий и дополняющий общепринятую теорию Уотсона-Крика о строении и природе ДНК-взаимодействий на основе строгого соответствия (комплементарности) пар оснований. Доказан принципиально иной механизм хранения и обработки информации ДНК/РНК, основанный на обратимых низкоаффинных взаимодействиях между не полностью или даже совершенно некомплементарными нуклеиновыми кислотами. Возможность реализации такого механизма была продемонстрирована на ряде примеров из различных важных областей современной науки, включая схему организации работы биологической ячейки памяти; рекордную по скорости и эффективности схему проведения молекулярных вычислений; сверхсложную биокомпьютерную систему, имитирующую логический элемент «И» с 572 входами, а также экспериментально показан возможный путь регуляции работы генов при помощи максимально некомплементарных к ним последовательностей нуклеиновых кислот.

По направлению молекулярная биология, молекулярная генетика и геномные исследования получены структурные, биохимические и генетические доказательства того, что вторичный мессенджер гуанозин-3',5'--(бис)пирофосфат (ppGpp)

контролирует элонгацию транскрипции, связываясь со специфическим сайтом РНК-полимеразы *Escherichia coli*. Аминокислотные замены, нарушающие контакты ppGpp с РНК-полимеразой, приводят к невосприимчивости к ppGpp элонгационного (но не инициаторного) комплекса и увеличивают чувствительность бактерий к генотоксическим агентам и ультрафиолетовому излучению. Было показано, что ppGpp связывается с РНК-полимеразой в двух сайтах с разными функциями в инициации (сайт2) и элонгации (сайт1), причем сайт1 важен для возвратного смещения РНК-полимеразы и стимулирования репарации ДНК. Новые данные дают представление о молекулярном механизме адаптации клеток во время стресса, а также подчеркивают сложные взаимосвязи между стабильностью генома, реакцией на стресс, и транскрипцией.

Сделан существенный вклад в области структуры и регуляции активности хроматина. Группа консервативных белков у многоклеточных организмов, объединенных под названием Polycomb, обеспечивает направленную репрессию работы генов (транскрипции). Нарушения функций белков данной группы наблюдаются в большом проценте злокачественных опухолей. На модели дрозофилы обнаружен белок Crol, который взаимодействует с определенными участками ДНК и необходим для привлечения репрессоров Polycomb в нужные места генома. При удалении гена, кодирующего белок Crol, методом CRISPR/Cas9 или мутации мест связывания Crol в молекуле ДНК нарушается работа репрессоров Polycomb. В дальнейшем ДНК-связывающие белки могут стать удобной мишенью для перспективных терапевтических препаратов.

В целом можно констатировать, что, несмотря на ряд трудностей, связанных, в первую очередь, с внешнеполитическими событиями, фундаментальные исследования в области биологии в 2023 г. развивались динамично и находились в русле исследований, ведущихся в мире.

## **Важнейшие достижения**

1. Применение модифицированных Т-клеток пациента, несущих химерный антигенный рецептор (CAR), получило широкое распространение для лечения онкологических заболеваний. Однако данный революционный подход имеет существенные ограничения из-за возможности возникновения цитокинового шторма. Для обеспечения контролируемой фармакокинетики и фармакодинамики нового класса клеточных противораковых препаратов на основе CAR-T и возможной отмены действия препарата нами предложено использовать в качестве опухоль-направляющего модуля антитела с остатком лизина, способного участвовать в каталитическом акте образования обратимой ковалентной связи с гаптенем 1,3-дикетона. Таким образом, активность каталитического химерного антигенного рецептора может регулироваться концентрацией низкомолекулярных адапторов – субстратов каталитического CAR-T. Этот адаптер избирательно связывается с гаптенем и выбранным опухолевым антигеном через низкомолекулярный специфический аддукт, идентифицированный с помощью библиотеки ДНК-кодируемых соединений. Таким образом, адаптер контролирует образование ковалентной связи между каталитическим антителом и гаптенем, а также привязку CAR Т-клеток к опухолевым клеткам и, следовательно, цитотоксичность и специфичность

цитотоксических Т-клеток. Данный эффект продемонстрирован нами *in vitro* и у мышей с ксенотрансплантатами рака простаты. Такие низкомолекулярные «переключения» цитотоксичности и специфичности Т-клеток посредством антиген-независимого «универсального» CAR могут улучшить контроль и профиль безопасности клеточной иммунотерапии на основе CAR.

Показана принципиальная возможность регулировать фармакокинетику и фармакодинамику таргетных противораковых препаратов на основе ре-инжиниринга Т-клеток пациента с помощью каталитических химерных антигенных рецепторов (catalytic CAR-T).

Организации: ИБХ РАН совместно с Институтом Скриппса (США), Стэнфордским университетом (США), Нанкинским университетом (КНР), Технологическим университетом Цюриха (Швейцария).

Авторы: академик РАН Габибов А.Г., Лаборатория биокатализа.

Публикация:

Stepanov AV et al. (2023) Control of the antitumour activity and specificity of CAR T cells via organic adapters covalently tethering the CAR to tumour cells. *Nat Biomed Eng* (IF=28.1, Qwos1, SJR=6.625, Qsjr1).

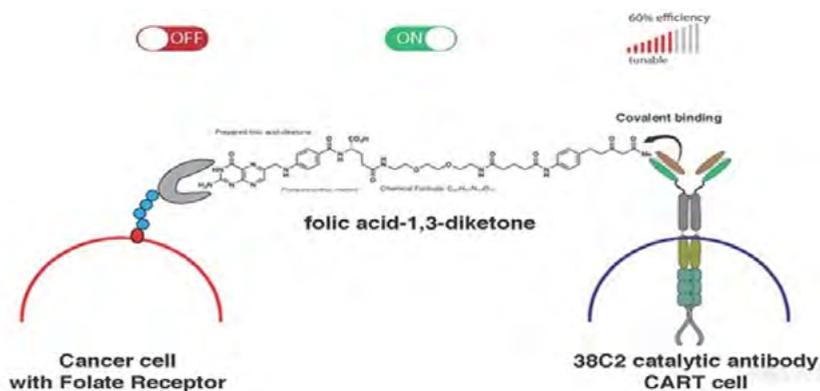


Рис. 75. Принципиальная возможность регуляции фармакокинетики и фармакодинамики таргетных противораковых препаратов на основе ре-инжиниринга Т-клеток пациента с помощью каталитических химерных антигенных рецепторов (catalytic CAR-T)

## 2. Прорыв в изучении структуры и эволюции хромосом у насекомых.

В результате изучения структуры хромосом насекомых методами сравнительной геномики выявлены новые, неизвестные ранее принципы организации и эволюции геномов. Обнаружено, что большинство насекомых имеет чрезвычайно своеобразную, отличную от других эукариот структуру теломер – концевых участков хромосом. Показано, что теломерная ДНК у них состоит из закономерно чередующихся коротких нуклеотидных повторов и ретротранспозонов (Рис. 76). Установлены цитогенетические и молекулярные механизмы, обеспечивающие эволюционную стабильность хромосомных наборов в одних таксономических группах и взрывную хромосомную эволюцию в других. Полученные результаты указывают на наличие у насекомых особой системы канонических и неканонических механизмов, поддерживающих длину теломер в онтогенезе и филогенезе. Поддержание длины теломер имеет принципиальное значение для процессов репли-

кации ДНК, а значит и для функционирования всех эукариотических организмов, поэтому обнаруженные закономерности могут быть востребованы в исследованиях общебиологического характера и, потенциально, в медицине.

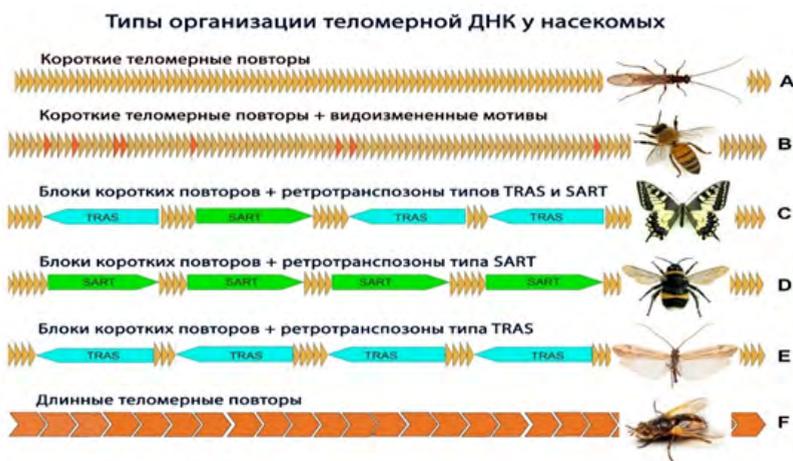
Автор: Лухтанов В.А. (ЗИН РАН Лаборатория систематики насекомых)

*Публикации:*

Lukhtanov V.A., Pazhenkova E.A. 2023. Diversity and evolution of telomeric motifs and telomere DNA organization in insects. *Biological Journal of the Linnean Society*, blad068. DOI: 10.1093/biolinnean/blad068; Pazhenkova E.A.,

Lukhtanov V.A. 2023a. Chromosomal conservatism vs chromosomal megaevolution: enigma of karyotypic evolution in Lepidoptera. *Chromosome Research* 31: 16. DOI: 10.1007/s10577-023-09725-9;

Pazhenkova E.A., Lukhtanov V.A. 2023b. Whole-Genome analysis reveals the dynamic evolution of holocentric chromosomes in Satyrine butterflies. *Genes* 2023, 14, 437. DOI: 10.3390/genes14020437.



**Рис. 76.** Варианты организации теломерной ДНК у насекомых

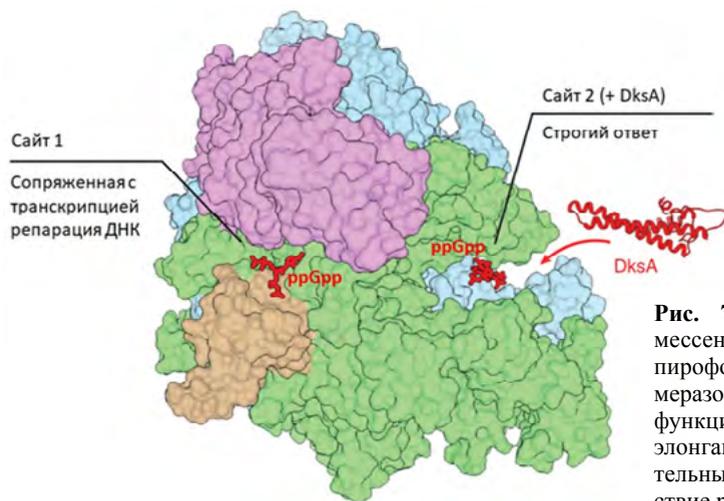
3. В лаборатории генетической регуляции метаболических процессов Института молекулярной биологии РАН в сотрудничестве с коллегами из Нью-Йоркского университета (США) получены структурные, биохимические и генетические доказательства того, что вторичный мессенджер гуанозин-3',5'-(бис)пирофосфат (ppGpp) контролирует элонгацию транскрипции, связываясь со специфическим сайтом РНК-полимеразы *Escherichia coli*. Аминокислотные замены, нарушающие контакты ppGpp с РНК-полимеразой, приводят к невосприимчивости к ppGpp элонгационного (но не инициаторного) комплекса и увеличивают чувствительность бактерий к генотоксическим агентам и ультрафиолетовому излучению. Было показано, что ppGpp связывается с РНК-полимеразой в двух сайтах (Рис. 77) с разными функциями в инициации (сайт2) и элонгации (сайт1), причем сайт1 важен для возвратного смещения РНК-полимеразы и стимулирования репарации ДНК. Новые данные дают представление о молекулярном механизме адаптации клеток во время стресса, а также подчеркивают сложные взаимосвязи между стабильностью генома, реакцией на стресс и транскрипцией.

Организация: ИМБ РАН совместно с Нью-Йоркским университетом (New York University School of Medicine, США)

Авторы: к.б.н. Прошкин С.А., д.б.н. Миронов А.С.

Публикация:

Weaver J.W., Proshkin S., Duan W., Epshtein V., Gowder M., Bharati B.K., Afanaseva E., Mironov A., Serganov A., Nudler E. Control of transcription elongation and DNA repair by alarmone ppGpp. (2023) Nature Structural & Molecular Biology. 30 (5): 600-607. doi: 10.1038/s41594-023-00948-2.



**Рис. 77.** Связывание вторичного мессенджера гуанозин-3',5'-(бис)пирофосфата (ppGpp) с РНК-полимеразой в двух сайтах с разными функциями в инициации (сайт2) и элонгации (сайт1). DksA – дополнительный фактор, усиливающий действие ppGpp in vivo

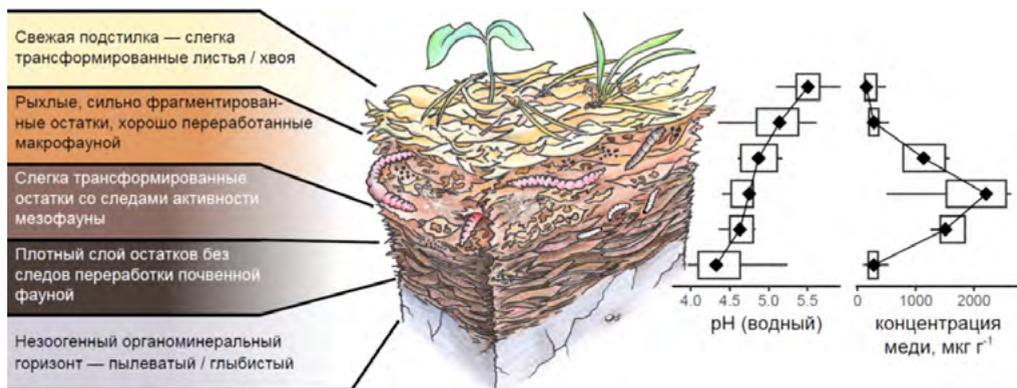
4. Установлена причина формирования необычных форм гумуса, обнаруженных в загрязненных промышленными выбросами лесах. Эти формы совмещают не встречающиеся вместе в естественных условиях признаки зоогенно активных мюллер-форм и незоогенных мор-форм. Оказалось, что внутри лесной подстилки выражен вертикальный градиент токсичности (Рис. 78): содержание металлов и кислотность увеличиваются сверху вниз, достигая максимальных значений на границе органического и органоминерального горизонтов, а степень насыщенности обменного комплекса кальцием и магнием, наоборот, уменьшается. Градиент токсичности создается из-за снижения поступления поллютантов. Именно он обуславливает специфический характер реколонизации макрофауной загрязненных почв (заселения лесной подстилки с верхних слоев, а не равномерно по всей ее толще) и образование необычных форм гумуса. На основе анализа строения органогенных горизонтов можно оценивать процессы техногенной эволюции форм гумуса и судить о степени деградации или восстановления почв на загрязненных территориях.

Организация: ИЭРиЖ УрО РАН.

Авторы: д.б.н. Воробейчик Е.Л., к.б.н. Коркина И.Н.

Публикация:

Vorobeichik E.L., Korkina I.N. A bizarre layer cake: Why soil animals recolonizing polluted areas shape atypical humus forms // Science of the Total Environment. – 2023. – Vol. 904. – 166810. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166810 (Q1 Web of Science, IF=9.8, Q1 Scopus, УБС1)



**Рис. 78.** Схема горизонтов почвы вблизи Среднеуральского медеплавильного завода; вертикальный градиент кислотности и содержание металлов

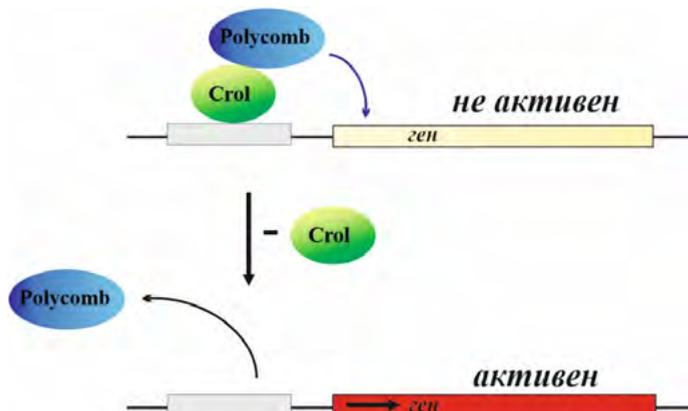
5. Группа консервативных белков у многоклеточных организмов, объединенных под названием Polycomb, обеспечивает направленную реPRESSION работы генов (транскрипции). Нарушения функций белков данной группы наблюдаются в большом проценте злокачественных опухолей. На модели дрозофилы мы обнаружили белок Crol, который взаимодействует с определенными участками ДНК и необходим для привлечения репрессоров Polycomb в нужные места генома. При удалении гена, кодирующего белок Crol, методом CRISPR/Cas9 или мутации мест связывания Crol в молекуле ДНК нарушается работа репрессоров Polycomb (Рис. 79). В дальнейшем ДНК-связывающие белки могут стать удобной мишенью для перспективных терапевтических препаратов.

Организация: ИБГ РАН.

Авторы: к.б.н. Четверина Д.А., к.б.н. Ерохин М.М., академик РАН Георгиев П.Г.

Публикация:

Erokhin M., Brown J.L., Lomaev D., Vorobyeva N.E., Zhang L., Fab L.V., Mazina M.Y., Kulakovskiy I.V., Ziganshin R.H., Schedl P., Georgiev P., Sun M.A., Kassis J.A., Chetverina D. Crol contributes to PRE-mediated repression and Polycomb group proteins recruitment in *Drosophila*. // *Nucleic Acids Res.* 2023. 51(12): 6087-6100.



**Рис. 79.** Направленная реPRESSION работы генов дрозофилы группой консервативных белков Polycomb через ДНК-связывающий белок Crol

6. Опубликовано коллективная монография «Неоген Восточного Паратетиса: регионарусная шкала, опорные разрезы и проблемы корреляции», в которой проведена ревизия стратиграфической шкалы Восточного Паратетиса, рассмотрены наиболее полные, палеонтологически охарактеризованные разрезы, охватывающие несколько регионарусов, приведены обзоры по наиболее важным группам фитопланктона и фауны, наземной растительности, магнитостратиграфии, астрономически обусловленной цикличности осадконакопления (Рис. 80).

Организации: ПИН РАН совместно с ГИН РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова, ВСЕГЕИ, Утрехтским университетом (Голландия).

Авторы: Попов С.В. (ПИН РАН), Банников А.Ф. (ПИН РАН)

Публикация:

Попов С.В., Головина Л.А., Палку Д.В., Гончарова И.А., Пинчук Т.Н., Ростовцева Ю.В., Ахметьев М.А., Александрова Г.Н., Запорожец Н.И., Банников А.Ф., Застрожнов А.С., Лазарев С.Ю. Неоген Восточного Паратетиса: регионарусная шкала, опорные разрезы и проблемы корреляции. М.: РАН, 2023. 504 с. (Тр. ПИН РАН. Т. 299).

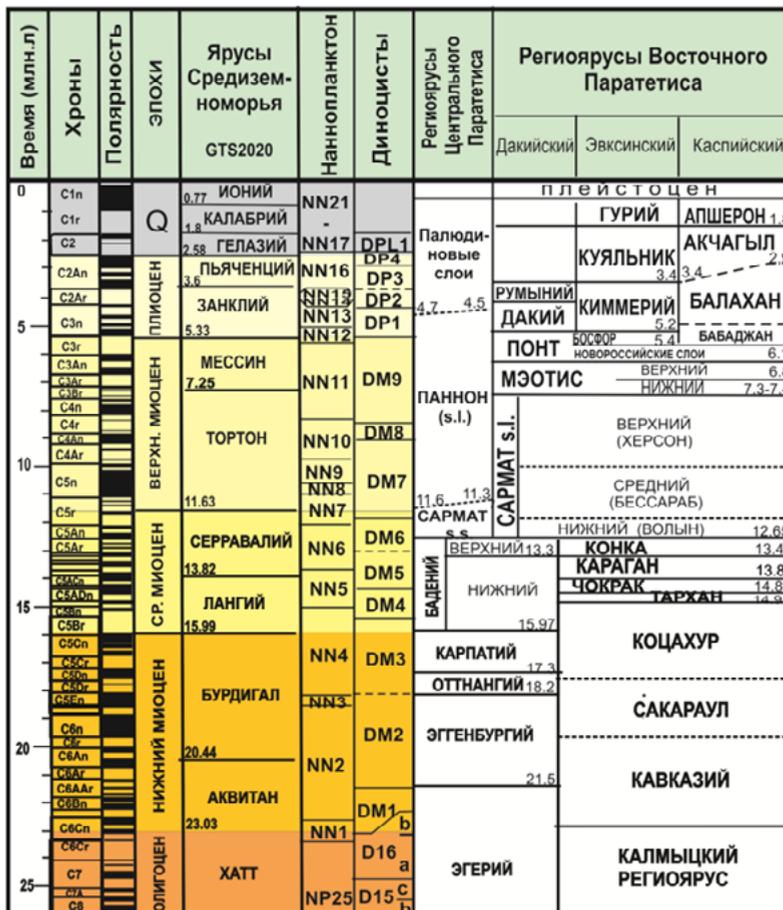
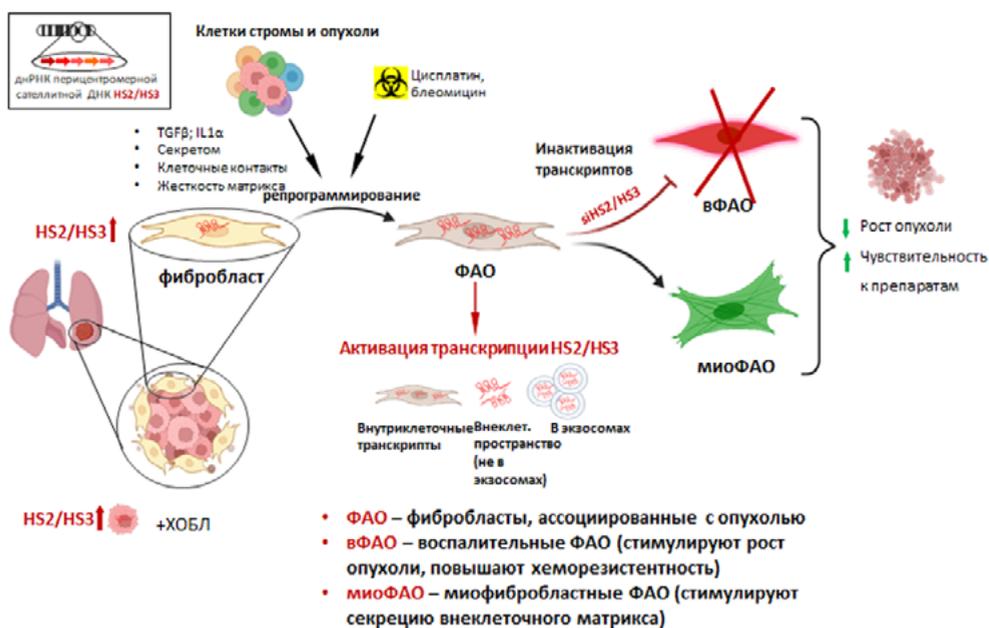


Рис. 80. Стратиграфическая схема неогена Восточного Паратетиса и ее корреляция с Центральным Паратетисом и Средиземноморьем

7. Выявлена роль прицентромерной сателлитной ДНК в формировании опухолевого микроокружения в аденокарциноме легкого мыши и человека (Рис. 81). Доказано, что транскрипты исследованных последовательностей активируют провоспалительный фенотип фибробластов, ассоциированных с опухолью, что способствуют формированию проопухолевого микроокружения. Данный тип фибробластов обладает иммуносупрессивным эффектом и стимулирует развитие опухоли. Молекулы сателлитной РНК покидают клетки и интернируются соседними опухолевыми клетками. Полученные данные объясняют ассоциацию активации транскрипции прицентромерных сателлитных ДНК с плохим прогнозом развития заболевания и позволяют говорить об обнаружении новых диагностических маркеров и потенциальных мишеней для терапии, находящихся в опухолевой нише – одного из ключевых факторов туморогенеза. Полученный теоретический задел позволяет перейти к экспериментам *in vivo* по подбору методов воздействия на выявленное новое звено канцерогенеза с целью разработки новых методов терапии, препятствующих формированию микроокружения опухоли.



**Рис. 81.** Роль прицентромерной сателлитной ДНК в формировании опухолевого микроокружения в аденокарциноме легкого мыши и человека

Организации: Институт цитологии РАН совместно с СПбГУ, НИИ пульмонологии ПСПбГМУ им. Павлова Минздрава России, Philipps University of Marburg (Германия), A\*STAR Institute of Molecular and Cell Biology (Сингапур)

Авторы: к.б.н. Енукашвили Н.И., Пономарцев Н.В., Чубарь А.В., к.б.н. Стефанова В.Н.

*Публикация:*

Erukashvily N.I., Ponomartsev N.V., Ketkar A., Suezov R., Chubar A.V., Prjibelski A.D., Shafranskaya D.D., Elmshäuser S., Keber C.U., Stefanova V.N., Akopov A.L.,

Klingmüller U., Pfefferle P.I., Stiewe T., Lauth M., Brichkina A.I. Pericentromeric satellite lncRNAs are induced in cancer-associated fibroblasts and regulate their functions in lung tumorigenesis. *Cell Death and Disease*. 2023. 14(1):19. doi: 10.1038/s41419-023-05553-1.

8. Животные, разлагающие растительный опад (сапрофаги), составляют важнейшую долю зоомассы на Земле, но мало используются человеком как потенциальный источник микроэлементов. Для оценки питательной ценности по микроэлементам были выбраны 30 видов беспозвоночных, полученных из природных экосистем Европейской России, а также ряд широко культивируемых видов из тропических регионов: тараканы (Blattodea), личинки и имаго жуков (Coleoptera), коллемболы (Collembola), многоножки (Diplopoda), личинки мух, включая черную львинку (Diptera), дождевые черви (Haplotaxida), мокрицы (Isopoda), сверчки (Orthoptera). Оценен их аминокислотный, микроэлементный и витаминный состав, определены таксономические различия в составе и соотношении микроэлементов, а также конкретные таксоны, естественно обогащённые микронутриентами, для дальнейшего рассмотрения в качестве потенциальных кормовых добавок (Рис. 82). Наиболее перспективными видами признаны дождевые черви *Lumbricus terrestris*, *Octolasion lacteum*, и жук-носорог *Oryctes nasicornis*.

Организация: ИПЭЭ РАН Лаборатория изучения экологических функций почв.

Авторы: Гонгальский К.Б., Коробушкин Д.И., Баратова Л.А., Бастрakov А.И., Дегтярев М.И., Зайцев А.С.

Публикация:

Gongalsky K.B., Korobushkin D.I., Baratova L.A., Bastrakov A.I., Degtyarev M.I., Gorbunova A.Yu., Ksenofontov A.L., Lapa S.A., Lebedev I.M., Zaitsev A.S., 2023. Soil saprophages as an emerging global source of micronutrients // *Journal of Insects as Food and Feed*. V. 9. P. 1606-1613. (Q1, IF = 5.1).



Рис. 82. Культивирование почвенных сапрофагов на растительных остатках (соломе и листовом опаде) представляет ресурс для получения микронутриентов (витаминов, аминокислот и микроэлементов)

9. Архитектура и размер соцветия важны для урожая зерна риса (*Oryza sativa*). Ранее было показано, что фитогормон цитокинин (ЦК) регулирует развитие соцветий риса, однако механизм действия ЦК до сих пор неясен. В исследовании, опубликованном в журнале *The Plant Cell*, изучена мутация риса *pal1*, при которой уменьшается размер соцветия из-за снижения активности меристем. Было установлено, что мутация затрагивает один из рецепторов ЦК, OsHK4. Делеция двух аминокислот в длинной  $\alpha$ -спирали сенсорного модуля OsHK4 нарушила передачу сигналов ЦК в клеточное ядро, которая в норме происходит посредством белка-регулятора ответа типа В OsRR21. При этом обнаружено, что ген *IPA1/WFP*, кодирующий положительный регулятор развития меристемы соцветия, напрямую активируется OsRR21. Кроме того, оказалось, что *IPA1/WFP* в свою очередь напрямую связывается с промотором гена рецептора *OsHK4* и усиливает его экспрессию, замыкая цепочку положительной обратной связи. В результате впервые описан регуляторный модуль OsHK4–OsRR21–IPA1/WFP, что дало важную информацию о молекулярном механизме действия ЦК в регуляции архитектуры соцветий риса. Эта информация может быть полезной для повышения урожайности риса.

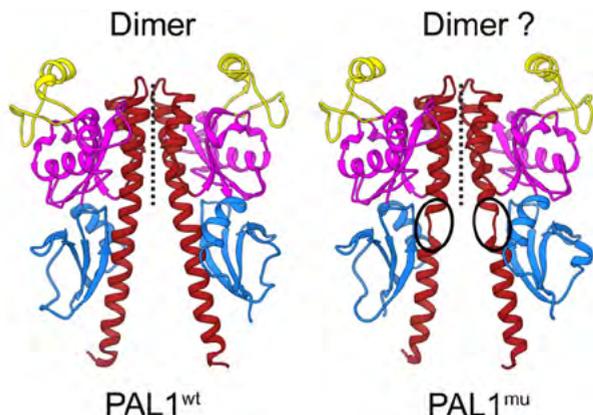
Мутация рецептора цитокининов OsHK4 привела к открытию регуляторного модуля с положительной обратной связью, контролирующего размер соцветия риса (Рис. 83).

Организации: ИФР РАН совместно с Институтом растениеводства Китайской академии сельскохозяйственных наук (National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Китай)

Авторы: к.б.н. Савельева Е.М., д.б.н. Ломин С.Н., к.б.н. Архипов Д.В., д.б.н. Романов Г.А.,

Публикация:

Chun Y, Fang J, Savelieva EM, Lomin SN, Shang J, Sun Y, Zhao J, Kumar A, Yuan S, Yao XF, Liu CM, Arkhipov DV, Romanov GA, Li X. The cytokinin receptor OsHK4/OsHK4 regulates inflorescence architecture in rice via an IDEAL PLANT ARCHITECTURE1/WFP-mediated positive feedback circuit. *The Plant Cell*. 2023 Oct 9:koad257. doi: 10.1093/plcell/koad257. Epub ahead of print. PMID: 37811656 (IF журнала 12.0). Опубликовано онлайн 9.10.2023.



**Рис. 83.** Мутация рецептора цитокининов OsHK4 приводит к открытию регуляторного модуля с положительной обратной связью, контролирующего размер соцветия риса. PAL1wt – рецептор OsHK4 дикого типа; PAL1mu – мутантный рецептор OsHK4. Представлены димеры сенсорных модулей, где произошла делеция.

10. Функционирование микробных сообществ в экосистемах Сибирских арктических морей в значительной степени зависит от стока Сибирских рек, который с потеплением Арктики увеличивается. Установлены особенности структурно-функциональной организации бактериального сообщества в прибрежных водах моря Лаптевых (Рис. 84 и Рис. 85), во многом определяемые влиянием речного стока и поступлением большого количества органического вещества. В заливе Хатанга биомасса и продукция бактерий были на порядок выше таковых в других районах, а доля бактерий, ассоциированных с частицами взвеси в общей биомассе бактерий, составляла 60% против 1% в открытых водах. Осенью, на внутреннем шельфе моря гетеротрофные бактерии были основным компонентом (44-55%) биомассы планктонного сообщества, а их продукция превышала первичную продукцию фитопланктона в 4 раза. Данные о современном состоянии микробных пищевых сетей (бактерии, простейшие, вирусы) в море Лаптевых необходимы для прогноза возможных структурно-функциональных изменений микробных сообществ в будущем, при дальнейшем увеличении объемов речного стока и поступающего в море аллохтонного органического вещества.

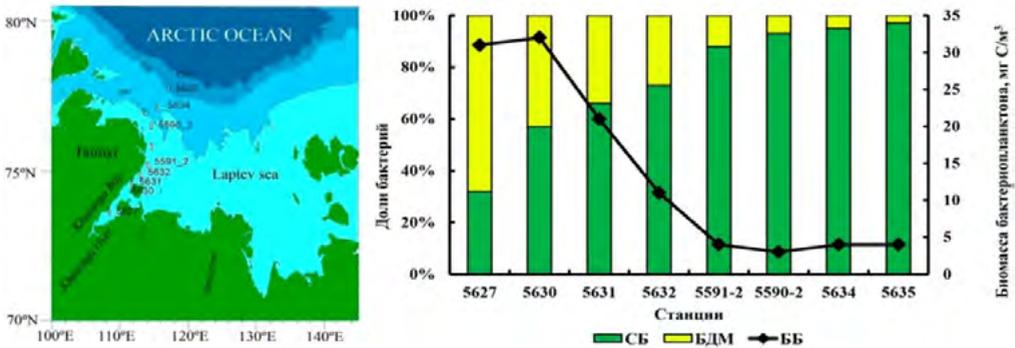


Рис. 84. Распределение биомассы бактериопланктона (ББ, мг С/и доли (% ББ) свободных (СБ) и агрегированных бактерий (БДМ) в ББ

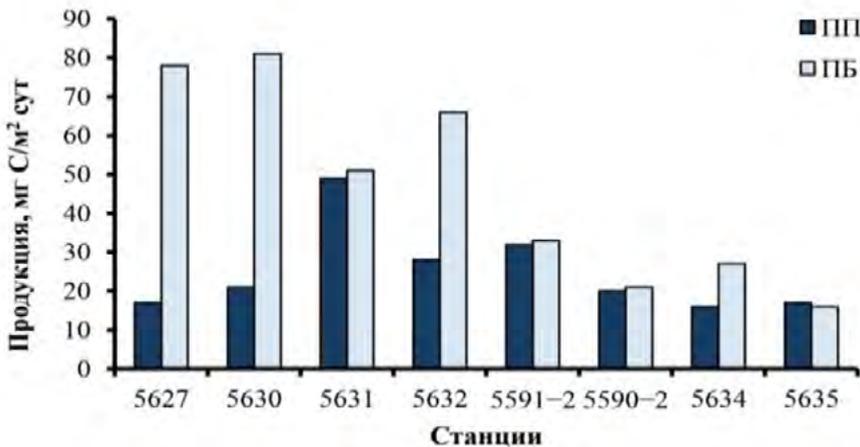


Рис. 85. Распределение первичной продукции фитопланктона (ПП, мг С/ м2 сут1) и продукция гетеротрофного бактериопланктона (ПБ, мг С/м2 сут)

Организации: ИБВВ РАН совместно с ИО РАН.

Авторы: Копылов А.И., Косолапов Д.Б., Романенко А.В., Заботкина Е.А., Сажин А.Ф.

*Публикация:*

Kopylov A.I., Kosolapov, D.B., Romanenko, A.V., Zabolotkina, E.A., Sazhin, A.F. Abundance, Biomass, and Production of Bacterioplankton at the End of the Growing Season in the Western Laptev Sea: Impact of Khatanga River Discharge (Arctic) // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. 11(8), 1573. <https://doi.org/10.3390/jmse11081573>.

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **Состояние и прогноз развития физиологических наук на 2024–2026 гг. (по отчету Отделения физиологических наук РАН и отчетам ВУЗов и ГИЦ за 2023г.)**

Анализ публикаций в области физиологии и отчетов РАН и вузов за 2023 год позволяет говорить как о сформировавшейся тенденции увеличения количества и качества исследований в области отдаленных последствий вирусных заболеваний на разные системы организма, проведения большого количества тематических заседаний, конференций на всех уровнях. Продолжается активная разработка и применение новых генетических и молекулярно-биологических технологий во всех областях физиологии, особенно выделяются нейротехнологии, которые открывают новые возможности для исследования механизмов нейропатологий.

В области диагностики и лечения постковидных нарушений иммунной системы в клинических исследованиях иммунного статуса пациентов с постковидным синдромом выявлены повреждения эритроидного и тромбоцитарного ростков кроветворения, нарушения параметров врожденного и приобретенного иммунитета, в том числе снижение экспрессии рецепторов CD46 с описанием 4 новых фенотипов постковидной иммунопатологии. Впервые с помощью биоинформационных методов показано, что структурные белки вируса SARS-CoV-2 (ЕР, МР, NР и SP) способны взаимодействовать с лейкоцитарным рецептором CD46, что может являться альтернативным механизмом проникновения вируса в клетку и играть ключевую роль в патогенезе нарушений иммунного ответа у больных. (Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Южно-Уральский государственный университет, Волгоградский государственный медицинский университет.)

Коллективом академических и медицинских учреждений разработан генетически кодируемый инструмент на основе оксидазы D-аминокислот из дрожжей

для субстрат-зависимой генерации пероксида водорода, молекулы, относящейся к активным формам кислорода. С помощью методов электрофизиологической регистрации установлено, что субстрат-зависимое моделирование внутринейронального окислительного стресса не влияет на базовую синаптическую передачу в нервных сетях, но подавляет синаптическую пластичность, которая связана с клеточными механизмами памяти. Нацеливая хомогенетический инструмент на определенные нервные клетки мозга и моделируя в них хронический окислительный стресс, возможно создание социально значимых метаболических моделей нового поколения. (ФГБУ Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России, ФГБУ Институт биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, Институт Высшей Нервной Деятельности и Нейрофизиологии РАН)

В 2023 году во всем мире появились десятки новых средств для генетической коррекции патологий во всех областях физиологии человека, которые проходят клинические испытания, и это направление признано самым перспективным для медицины. Российские ученые на основе аденоассоциированного вируса, разрешенного для применения в медицине, разработали узконаправленный вектор для генной терапии эпилепсии. Основная идея работы заключалась в том, чтобы адресно экспрессировать в патологических пирамидных нейронах коры мозга грызунов человеческий кальций-зависимый калиевый канал, который в норме работает в периферической нервной системе. Этот канал включается только при сильной активации нейрона и значительно снижает амплитуду судорог путем подавления активации нейронов в очаге эпилепсии. (Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Институт биоорганической химии имени М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН)

В области фармакологии продолжается развитие новых областей на основе знаний о молекулярных механизмах регуляции физиологических функций. Получены фармакологические доказательства взаимодействия белков-шаперонов, участвующих в сохранении и восстановлении правильной конформации различных внутриклеточных макромолекул с рецепторным ГАМКА комплексом, что открывает новые возможности регуляции этим рецептором тормозных процессов в нервной системе. Эта разработка может помочь в лечении тревожных состояний, депрессий, нарушений сна. (ФГБНУ «ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий»)

Фундаментальные исследования механизмов кровообращения и роли тромбоцитов в регуляции пространственной динамики свертывания крови показали, что активированные тромбоциты обеспечивают необходимую для этого процесса фосфолипидную поверхность и секреторируют факторы свертывания крови, улучшая свертываемость крови. Показано, что тромбоциты избыточны для свертывания крови в нормальной плазме в физиологических условиях, но обеспечивают

надежность свертывающей системы к изменениям исходных условий: снижению плотности тканевого фактора и наличию гепарина. Обнаружены факторы, способствующие тромбоцитопении у пациентов с синдромом Вискотта-Олдрича (WAS), который представляет собой X-сцепленное рецессивное заболевание, вызванное мутациями гена WAS, приводящими к дефектам гемопоэтических/иммунных клеток. Показано, что мегакариоциты пациентов с WAS имеют повышенную склонность к гибели клеток и изменениям в характере созревания. (Центр теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН, Центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, ООО «ГемаКор Лабс», Христианский медицинский колледж, Университет науки и технологий Китая, Московский государственный университет имени Ломоносова, Московский физико-технический институт)

Физиологические исследования адаптации человека к экстремальным условиям при исследовании механизмов влияния на ортостатическую неустойчивость человека показали изменения реакции гемодинамики у испытуемых на перемещение крови в нижнюю половину тела. Установлено, что дозированная гравитационная нагрузка на центрифуге оказывает стимулирующее воздействие на «антиортостатическую» регуляцию гемодинамики, обеспечивая на всем протяжении воздействия перегрузок более эффективное перераспределение кровотока и минимизацию дефицита мозгового кровотока без побочных негативных эффектов. Подтверждено, что воздействие перегрузок направления «голова-ноги» по специально разработанному режиму воздействия по времени активизирует «антигравитационную» регуляцию сосудистого тонуса, направленную на поддержание необходимого уровня мозгового кровотока без побочных негативных эффектов. (ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН)

Продолжаются исследования, ставящие перед собой цель создания новых эффективных моделей патологий. Разработана новая модель болезни Паркинсона на основе клеточной линии LUNMES, которая позволяет тестировать нейропротекторы, замедляющие гибель дофаминергических нейронов и продлевающие период социальной и физической активности больного. Предложена панель маркеров для тестирования функциональных и структурных клеточных нарушений при моделировании БП с целью дальнейшего массового скрининга лекарств – кандидатов в нейропротекторы. (Институт биологии развития имени Н.К. Кольцова РАН.)

В области физиологии спорта был выявлен новый NO-зависимый физиологический механизм повышения аэробной физической работоспособности, реализующийся на пороге анаэробного обмена (лактатный порог) у элитных лыжников-гонщиков по сравнению с высококвалифицированными спортсменами уровня сборных команд. В серии экспериментов на животных проведено исследование и предложено обоснование формирования более высокого лактатного порога у выносливых животных при более низких уровнях оксида азота оцениваемого по показателю стабильных метаболитов оксида азота, кортизола, глюкозы и лактата. В реальных соревновательных условиях продемонстрирована высокая клинико-диагностическая и прогностическая значимость показателя стабильных метаболитов оксида азота в крови, уровень которого коррелирует с достигнутым спортивным результатом у лыжников-гонщиков, членов сборной команды России. (Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

Предложен новый способ оценки изменения микроциркуляции структур головного мозга после реваскуляризации внутренней сонной артерии с использованием оптической когерентной томографии сетчатки глаза. У взрослых людей наиболее частой причиной ишемического инсульта, также как и преходящих ишемических атак, является нарушение гемодинамики в сонных артериях в результате стенозирующе-окклюзирующего атеротромбоза. Наиболее эффективным методом предупреждения и лечения этих грозных осложнений является восстановление нарушенного кровотока в сонных артериях путем каротидной эндартерэктомии или стентирования сонных артерий. Однако влияние этих лечебных процедур на микроциркуляцию структур головного мозга изучено недостаточно хорошо в связи с анатомическими особенностями структур головного мозга. Была разработана оригинальная методика, основанная на исследовании кровоснабжения глаза, который снабжается кровью внутренней сонной артерии. Изучив васкуляризацию глаза у пациентов до и после процедуры стентирования, по полученным данным удалось оценить динамические изменения в кровоснабжении структур головного мозга как на макро-, так и на микроциркуляторном уровне. (Первый московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России, Центр интервенционной кардиоангиологии Первого МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России, Научно-исследовательский институт глазных болезней Москвы)

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

## **Важнейшие достижения**

### **1. С помощью хемотронического инструмента на основе оксидазы D-аминокислот установлено, что пероксид водорода подавляет долговременную потенциацию, которая является одной из форм синаптической пластичности и связана с клеточными механизмами памяти**

Нарушение функций мозга при старении и связанные с возрастом нейродегенеративные заболевания такие, как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона, всегда сопровождаются окислительным стрессом нервных клеток. Поэтому окислительный стресс нейронов часто рассматривают как причину таких патологических состояний. Однако, прямых доказательств этого до сих пор получено не было. Это связано с отсутствием до недавнего времени инструментов для избирательного и контролируемого моделирования состояния окислительного стресса в клетках. Нами разработан генетически кодируемый инструментарий на основе оксидазы D-аминокислот из дрожжей для субстрат-зависимой генерации пероксида водорода, молекулы, относящейся к активным формам кислорода. Доставив этот

инструмент в нейроны мозга мышей, мы с помощью методов электрофизиологической регистрации установили, что субстрат-зависимое моделирование внутринейронального окислительного стресса не влияет на базовую синаптическую передачу, но подавляет такое явление, как долговременная потенция. Долговременная потенция является одной из форм синаптической пластичности и связана с клеточными механизмами памяти. Таким образом, мы демонстрируем, что окислительный стресс «стирает» память нейронов. Нацеливая наш хемогенетический инструмент на определенные нервные клетки мозга и симулируя в них хронический окислительный стресс, мы сможем создать модели таких социально значимых нейродегенеративных заболеваний, как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона. Это будут метаболические модели нового поколения, воспроизводящие спорадические формы этих заболеваний. С их помощью можно будет искать маркеры досимптомных стадий и тестировать новые методы лечения. Разработанная нами платформа для электрофизиологической регистрации нейрональной активности в условиях хемогенетически вызванного окислительного стресса может быть использована для тестирования препаратов, которые бы нормализовали синаптические функции нейронов при окислительном стрессе (Рис. 87).

Организации:

ФГБУ Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России, ИБХ РАН, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, МГУ имени М.В. Ломоносова, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, ИВНД и НФ РАН.

Авторы:

Калиниченко А.Л., Джаппи Д., Солюс Г.М., Мальцев Д.И., Богданова Ю.А., Мухаметшина Л.Ф., Соколов Р.А., Мошенко А.А., Шайдулов В.А., Розов А.В., Подгорный О.В., Белоусов В.В.

Публикация:

Kalinichenko AL, Jappy D, Solius GM, Maltsev DI, Bogdanova YA, Mukhametshina LF, Sokolov RA, Moshchenko AA, Shaydurov VA, Rozov AV, Podgorny OV, Belousov VV. Chemogenetic emulation of intraneuronal oxidative stress affects synaptic plasticity. Redox Biol. 2023 Apr;60:102604. doi: 10.1016/j.redox.2023.102604. (Q1, IF 11.4)



Рис. 87. Влияние окислительного стресса в нейронах на синаптическую пластичность

## 2. Радиационная обстановка в высокоширотном антарктическом регионе: реалистическое моделирование на суперкомпьютере и экспериментальная верификация

Выполнено моделирование радиационных условий в области антарктического плато с использованием моделей ядерных и электромагнитных каскадов в атмосфере Земли. Результаты расчетов верифицированы экспериментально с использованием различных типов дозиметров. Определены уровни годового облучения персонала Российской антарктической станции «Восток» в терминах эквивалентной дозы (с учетом вклада вторичных нейтронов): 7,0 мЗв (пассивные дозиметры – типа Люлин); 5,2 мЗв (полупроводниковый дозиметр); 6,4 мЗв (модельный расчет). Полученные результаты демонстрируют разумное согласие, однако годовая эквивалентная доза значительно (в 5-7 раз) превышает предел 1 мЗв, установленный Международной комиссией по радиологической защите (ICRP) для населения. Результаты позволяют сделать вывод о том, что общая опасность жизнедеятельности на Российской антарктической станции «Восток» заключается не только в гипобарической гипоксии и динамике характерных психофизиологических изменений у персонала, но также в повышенном радиационном риске, связанном с воздействием вторичных нейтронов с высокой биологической эффективностью (Рис. 88).

Организация: ГНЦ РФ ИМБП РАН.

Авторы: академик РАН Орлов О.И., Колотева М.И., Фомина Г.А., Сальников А.В., Глебова Т.М., Лобанов К.А.

Публикация:

Mishev A.L., Kodaira S., Kitamura H., Ploc O., Ambrozova I., Tolochek R.V., Kartsev I.S., Shurshakov V.A., Artamonov A.A., Inozemtsev, K.O. Radiation environment in high-altitude Antarctic plateau: Recent measurements and model studies // Science of The Total Environment, 2023, Vol. 890, pp. 164304. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164304

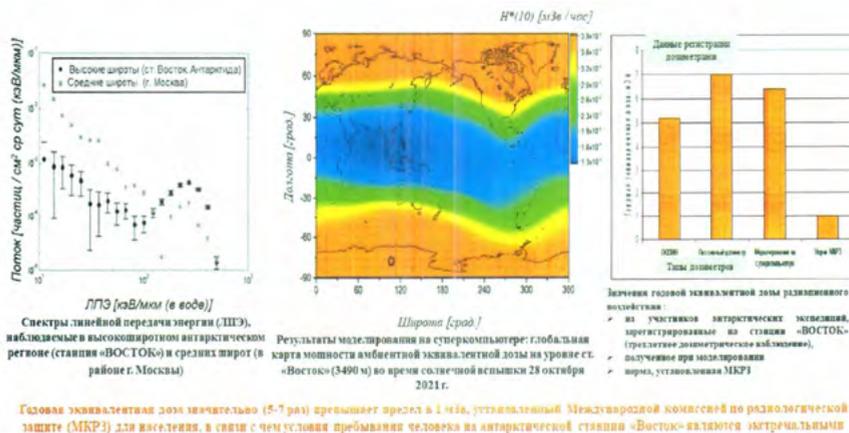


Рис. 88. Радиационная и электромагнитная обстановка в высокоширотном Антарктическом регионе: реалистическое моделирование на суперкомпьютере и экспериментальная верификация

### 3. Нейрогенетическая технология терапии эпилепсии

На основе аденоассоциированного вируса разработан вектор для генной терапии эпилепсии с помощью направленной экспрессии кальций-зависимого калиевого канала в возбуждающих пирамидных нейронах головного мозга, снижающий амплитуду судорог и подавляющий активацию нейронов во время судорожных событий.

Организации: ИВНД и НФ РАН, ИБХ РАН, ИЭФБ РАН.

Авторы: Никитин Е.С., Постникова Т.Ю., Проскурина Е.Ю., Бородинова А.А., Иванова В.И., Рошин М.В., Смирнова М.П., Кельмансон И.В., Белоусов В.В., Балабан П.М., Зайцев А.В.

*Публикация:*

Nikitin ES, Postnikova TY, Proskurina EY, Borodinova AA, Ivanova V, Roshchin MV, Smirnova MP, Kelmanson I, Belousov VV, Balaban PM, Zaitsev AV. Overexpression of KCNN4 channels in principal neurons produces an anti-seizure effect without reducing their coding ability. *Gene Ther.* 2023 Nov 15. doi: 10.1038/s41434-023-00427-9.

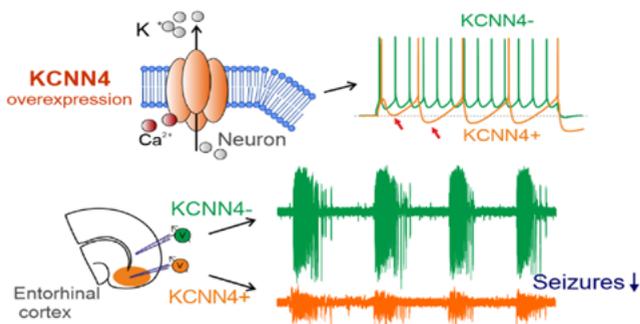


Рис. 89. Нейрогенетическая технология терапии эпилепсии

### 4. Доказательство взаимодействия шаперона Sigma 1R с ГАМКа рецептором

Получены фармакологические доказательства взаимодействия шаперона Sigma1R с ГАМКа рецепторным комплексом, что открывает новые возможности регуляции опосредованных ГАМКа рецептором тормозных процессов. На Рис. 90 и Рис. 91 продемонстрировано *in vivo* влияние низкомолекулярных лигандов шаперона Sigma1R на эффекты позитивного аллостерического модулятора ГАМКа рецепторного комплекса диазепама.

Данная разработка может помочь в лечении тревожных состояний, депрессий, нарушений сна.

Организация: ФГБНУ «ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий».

Автор: академик РАН Середенин С.Б.

*Публикация:*

Voronin MV, Shangin SV, Litvinova SA, Abramova EV, Kurbanov RD, Rybina IV, Vakhitova YV, Seredenin SB. Pharmacological Analysis of GABAA Receptor and Sigma1R Chaperone Interaction: Research Report I-Investigation of the Anxiolytic,

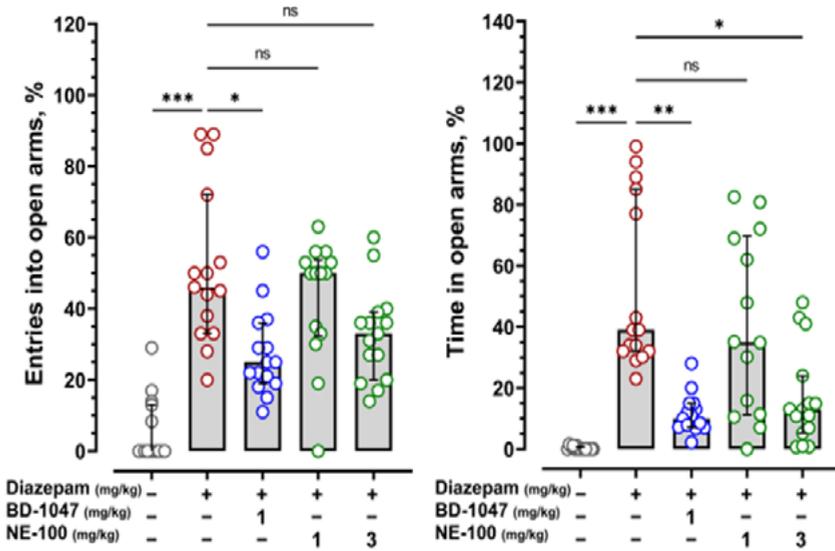


Рис. 90. Антагонисты Sigma1R BD-1047 и NE-100 препятствуют противотревожному действию диазепама на мышей BALB/c в тесте приподнятый крестообразный лабиринт

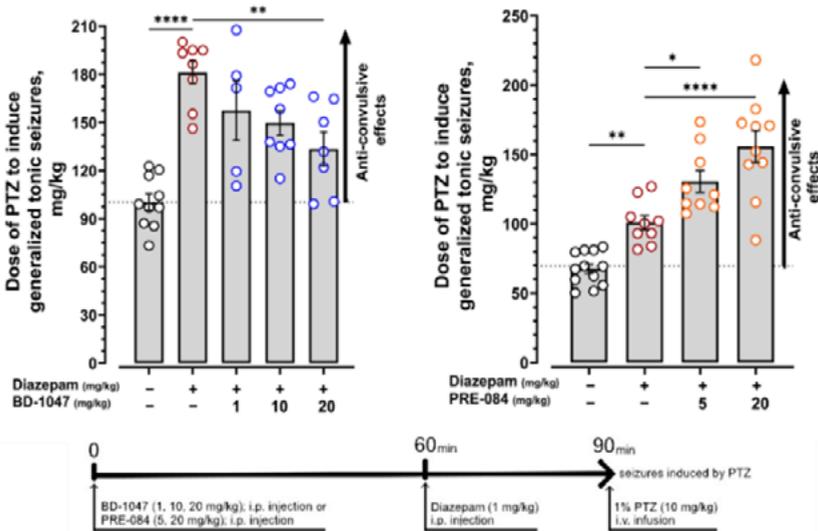


Рис. 91. Противоположное влияние антагониста и агониста Sigma1R на противосудорожное действие диазепама на мышей ICR в модели коразоловых судорог. Антагонист Sigma1R BD-1047 препятствует противосудорожному действию диазепама, агонист Sigma1R PRE-084 способствует противосудорожному действию диазепама

## 5. Тромбоциты обеспечивают устойчивость пространственного свертывания крови к изменению исходных условий

Активированные тромбоциты обеспечивают фосфолипидную поверхность и секретируют факторы свертывания крови, улучшая свертываемость крови. Мы исследовали роль тромбоцитов в регуляции пространственной динамики свертывания крови. Исследования показали, что тромбоциты были избыточны для свертывания крови в нормальной плазме в физиологических условиях, но обеспечивали устойчивость свертывающей системы к изменениям исходных условий: снижению плотности тканевого фактора и наличию гепарина.

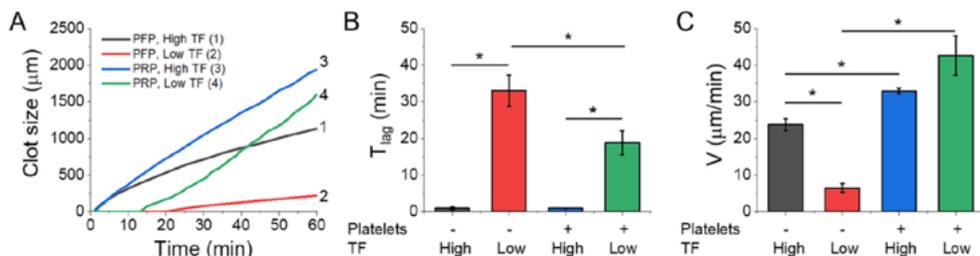


Рис. 92. Влияние степени активации на пространственный рост сгустка:

А: Кривые зависимости размера сгустка (Clot size) от времени для экспериментов со свободной от тромбоцитов плазмой (PFP) и богатой тромбоцитами плазмой (PRP, 200 тыс/мкл) при низкой (8 пмоль/м<sup>2</sup>) и высокой (80 пмоль/м<sup>2</sup>) плотности тканевого фактора (TF). В: Задержка роста сгустка (T<sub>lag</sub>). С: Скорость роста сгустка (V). \* – достоверное различие (p<0,05, Т-тест).

Организации: ЦТП ФХФ РАН, Центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, ООО «ГемаКор Лабс», Христианский медицинский колледж, Чанчуньский институт прикладной химии, Университет науки и технологий Китая, МГУ имени М.В. Ломоносова, МФТИ.

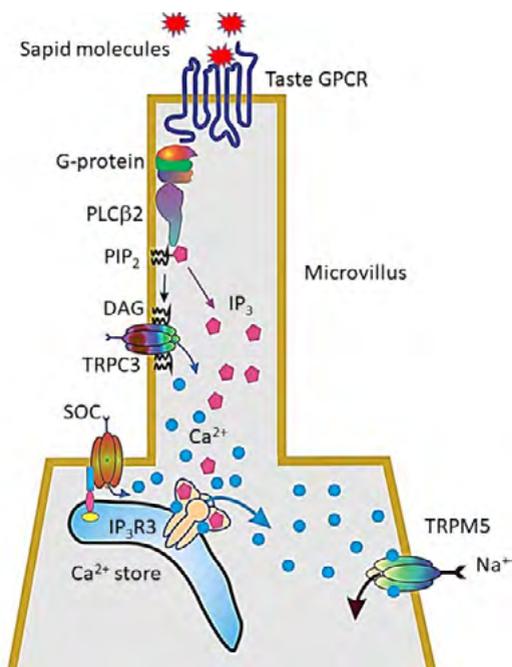
Авторы: академик РАН Атауллаханов Ф.И, член-корреспондент РАН Пантелеев М.А.

*Публикация:*

Balandina AN, Koltsova EM, Shibeko AM, Kuprash AD, Budkova VA, Demina IA, Ignatova AA, Fadeeva OA, Vijay R, Nair SC, Srivastava A, Shi Q, Ataulakhanov FI, Pantelev MA. Platelets provide robustness of spatial blood coagulation to the variation of initial conditions. *Thromb Res.* 2023 Oct;230:133-143. doi: 10.1016/j.thromres.2023.09.003 (WoS, Scopus), ИФ=10,4.

## 6. Роль ионных каналов TRPC3 в хемо-электрическом сопряжении во вкусовых клетках (Рис. 93)

Общепринято, что генерация электрического ответа вкусовых клеток типа II на вкусовой стимул обеспечивается сопряжением GPCR рецепторов вкусовых веществ с фосфолипазой PLCβ<sub>2</sub>, которая продуцирует IP<sub>3</sub> и инициирует выброс



**Рис. 93.** Роль ионных каналов TRPC3 в хемо-электрическом сопряжении во вкусовых клетках

депонированного  $\text{Ca}^{2+}$  через  $\text{IP}_3$  рецепторы  $\text{IP}_3\text{R}_3$ . Последнее сопровождается активацией  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых катионных каналов TRPM5 и деполяризацией клетки. Полученные нами в 2023 году данные свидетельствуют о том, что эта схема не вполне точна, поскольку она не учитывает роль диацилглицерола (DAG) – еще одного вторичного медиатора, который генерируется фосфолипазой  $\text{PLC}\beta_2$  одновременно с  $\text{IP}_3$  за счет гидролиза фосфолипида  $\text{PIP}_2$ . Оказалось, что вкусовые клетки типа II экспрессируют DAG-активируемый канал TRPC3, который проницаем для ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . Ряд фактов указывает на то, что при стимуляции клеток вкусовыми веществами генерация  $\text{IP}_3$  и  $\text{IP}_3$ -зависимый выброс  $\text{Ca}^{2+}$  обеспечивают быструю активацию TRPM5 и первоначальную фазу рецепторного потенциала. DAG-регулируемый вход наружного  $\text{Ca}^{2+}$  через TRPC3 каналы

продолжает первоначальный стимул-зависимый  $\text{Ca}^{2+}$  сигнал, поддерживает активность TRPM5, тем самым обеспечивая нужную продолжительность и форму электрического ответа клетки.

Модель хемо-электрического сопряжения во вкусовых клетках типа II. При активации вкусовых GPCPs, последние инициируют расщепление  $\text{PIP}_2$  фосфолипазой  $\text{PLC}\beta_2$ , продуцируя в сенсорной микроворсинке импульс  $\text{IP}_3$  и на ее мембране рост DAG. Диффузия удаляет  $\text{IP}_3$  из микроворсинки, обеспечивая выброс депонированного  $\text{Ca}^{2+}$  через  $\text{IP}_3\text{R}_3$ , локализованные вне органеллы, тем самым формируя первоначальную фазу  $\text{Ca}^{2+}$  сигнала. Диффузия на мембране микроворсинки ограничена, и DAG стимулирует TRPC3 каналы продолжительное время. Вход  $\text{Ca}^{2+}$  через TRPC3 и, вероятно, через депо-управляемые каналы SOC, пролонгирует первоначальный  $\text{Ca}^{2+}$  сигнал. Этот  $\text{IP}_3\text{R}_3/\text{TRPC3}/\text{SOC}$ -зависимый  $\text{Ca}^{2+}$  сигнал инициирует и поддерживает активность TRPM5 каналов и обеспечивает генерацию электрического ответа.

Организация: ИБК РАН.

Авторы: Черкашин А.П., Рогачевская О.А., Хохлов А.А., Кабанова Н.В., Быстрова М.Ф., Колесников С.С.

Публикация:

Cherkashin A.P., Rogachevskaja O.A., Khokhlov A.A., Kabanova N.V., Bystrova M.F., Kolesnikov S.S. (2023) Contribution of TRPC3 mediated  $\text{Ca}^{2+}$  entry to taste transduction. *Pfügers Archiv - European Journal of Physiology* 475, 1009–1024.

## 7. Изменение гемодинамики и ортостатической неустойчивости при воздействии разработанного профилактического интервального режима дозированной гравитационной нагрузки на центрифуге короткого радиуса для длительного космического полета (Рис. 94)

Проведено исследование физиологических механизмов влияния на ортостатическую неустойчивость человека с использованием разработанного профилактического интервального режима дозированной гравитационной нагрузки на центрифуге короткого радиуса (ЦКР). Выявлены изменения реакции гемодинамики у 6 здоровых испытуемых мужчин на перемещение крови в нижнюю половину тела в процессе вращения на ЦКР по данным мониторингирования кровотока средней мозговой и бедренной артерий методом доплер- флоуметрии. Установлено, что цикл из 5 вращений на ЦКР (каждое длительностью 45 минут в интервальном режиме) оказывает стимулирующее воздействие на «антиортостатическую» регуляцию гемодинамики, обеспечивая на всем протяжении воздействия перегрузок +Gz более эффективное перераспределение кровотока и минимизацию дефицита мозгового кровотока без побочных негативных эффектов. Подтверждено, что воздействие перегрузок направления «голова-ноги» по укороченному по времени режиму воздействия активирует «антигравитационную» регуляцию сосудистого тонуса, направленную на поддержание необходимого уровня мозгового кровотока без побочных негативных эффектов. Сокращение времени гравитационного воздействия имеет принципиальное значение для отработки протоколов воздействия перегрузок на ЦКР в условиях длительного космического орбитального полета в целях оптимизации времени тренировок космонавтов для поддержания оптимальной физической работоспособности и экономии ресурсов станции.

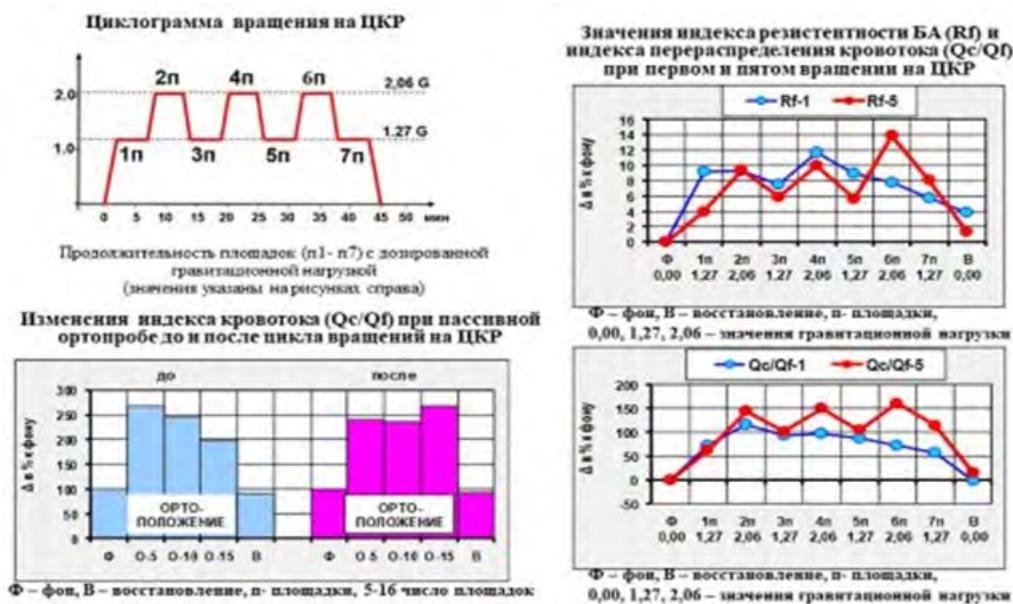


Рис. 94. Исследование изменений гемодинамики и ортостатической неустойчивости при воздействии разработанного профилактического интервального режима дозированной гравитационной нагрузки на центрифуге короткого радиуса (ЦКР) для длительного космического полета

Организация: ГНЦ РФ ИМБП РАН.

Авторы: академик РАН Орлов О.И., Колотева М.И., Фомина Г.А., Сальников А.В., Глебова Т.М., Лобанов К.А.

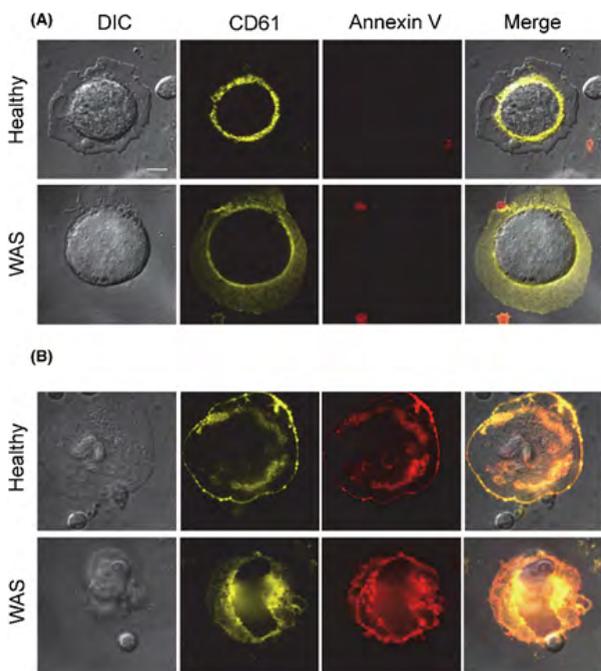
*Публикации:*

G.A. Fomina, A. V. Salnikov, M. I. Koloteva, T. M. Glebova, and K. A. Lobanov Evaluation of the Peripheral Hemodynamics Reaction to G-Loads in the Head-to-Legs Direction (+Gz) on a Short-Arm Centrifuge by the Method of Doppler Flowmetry G. A. ISSN 0362-1197, Human Physiology, 2023, Vol. 49. No. 7. pp. 898-903.

Фомина Г.А., Сальников А.В., Колотева М.И. Изучение сердечно-сосудистой системы человека с помощью ультразвуковых методов в космических полетах. Основные результаты и перспективы исследований. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2023. Т. 57. № 5. С. 85—93. DOI: 10.21687/0233-528X-2023-57-5-85-93.

## 8. Ускоренная гибель мегакарицитов у пациентов с синдромом Вискотта-Олдрича

Синдром Вискотта-Олдрича (WAS) представляет собой X-сцепленное рецессивное заболевание, вызванное мутациями гена WAS, приводящими к дефектам гемопоэтических/иммунных клеток. Данные о созревании, жизнеспособности мегакарицитов (МК) и их возможной роли в развитии тромбоцитопении при WAS ограничены. В этом исследовании мы оцениваем жизнеспособность и морфологию МК у пациентов с WAS, не получавших лечения и получавших терапию ромиплостим, по сравнению со здоровыми донорами. Мы показали, что МК пациентов с WAS имеют повышенную склонность к гибели клеток и изменения в характере созревания. Оба этих фактора могут способствовать тромбоцитопении у пациентов с WAS (Рис. 95).



**Рис. 95.** Снижение жизнеспособности иммобилизованных МК у пациентов с WAS. Захваченные монофрактом МК из аспирата костного мозга пациентов с WAS продемонстрировали повышенную долю мертвых клеток по сравнению со здоровыми донорами. (А, Б) Конфокальные изображения МК здорового донора и пациента с WAS. Аннексин V использовали для обнаружения гибели клеток путем связывания фосфатидилсерина (PS<sup>+</sup>). (А) PS<sup>-</sup> МК (живые клетки); (Б) PS<sup>+</sup> МК (мертвые клетки). Красный – аннексин V, желтый – CD61-флуоресцеин-5-изотиоцианат. Масштабная линейка составляет 10 мкм.

Организации: ЦТП ФХФ РАН, Центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Институт экспериментальной кардиологии Национального медицинского исследовательского центра кардиологии Минздрава России, МГУ имени М.В. Ломоносова.

Авторы: академик РАН Атауллаханов Ф.И, член-корреспондент РАН Пантелеев М.А.

*Публикация:*

Obydenyi SI, Kuznetsova SA, Fedyanina OS, Khoreva A, Voronin K, Mazurov AV, Glukhova AA, Artemenko EO, Ataulakhanov FI, Maschan AA, Novichkova GA, Shcherbina A, Panteleev MA. Accelerated death of megakaryocytes from Wiskott-Aldrich syndrome patients. Br J Haematol. 2023 Aug;202(3):645-656. doi: 10.1111/bjh.18875. (WoS, Scopus), ИФ=8,6.

### **9. Разработана клеточная тест-система с использованием иммортализованных эмбриональных дофаминергических нейронов человека (линия LUNMES) для скрининга противопаркинсонических препаратов**

Считается, что низкая эффективность симптоматического лечения болезни Паркинсона (БП) может быть повышена путем использования нейропротекторов, замедляющих гибель дофаминергических нейронов nigростриатной системы мозга – ключевого звена регуляции двигательной функции. Для разработки такого лечения прежде всего необходимо иметь клеточную модель БП, на которой можно проводить скрининг нейропротекторов. Разработка такой модели и явилась целью данной работы. Для этого нами была использована клеточная линия иммортализованных нейронов среднего мозга эмбриона человека (LUNMES, ATCC CRL-2927), которые дифференцировали в зрелые дофаминергические нейроны. Иммуногистохимическими и молекулярно-биологическими методами было подтверждено, что дифференцирующиеся клетки LUNMES экспрессируют дофаминергический фенотип (Рис. 96). Для моделирования различных стадий развития БП экспериментально были подобраны соответствующие концентрации нейротоксина - 1-метил-4-фенилпиридиния ион (МФП+) (Рис. 97). При этом была предложена панель маркеров для тестирования функциональных и структурных клеточных нарушений при моделировании БП с целью дальнейшего массового скрининга лекарств - кандидатов в нейропротекторы.

Таким образом, нами была разработана модель БП на основе клеточной линии LUNMES, которая позволяет тестировать нейропротекторы, замедляющие гибель дофаминергических нейронов и продлевающие период социальной и физической активности больного.

Организация: ИБР РАН.

Автор: академик РАН Угрюмов М.В.

*Публикация:*

Beliakov S.V.; Blokhin V.; Surkov S.A.; Ugrumov M.V. LUNMES Cells: Phenotype Refinement and Development of an MPP+-Based Test System for Screening Antiparkinsonian Drugs. Int. J. Mol. Sci. 2023, 24, 733. Q1; <https://doi.org/10.3390/ijms24010733>

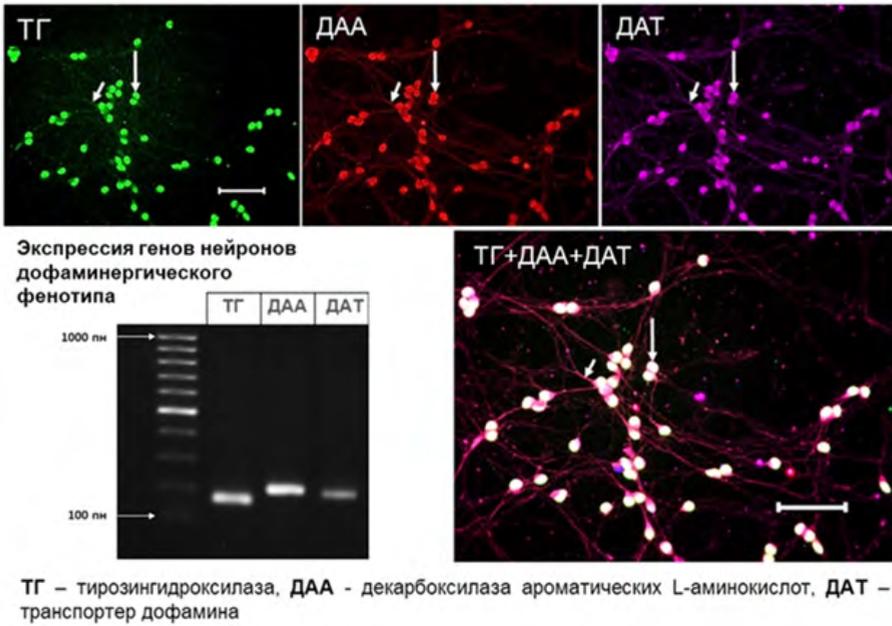


Рис. 96. Дифференцированные клетки LHMES экспрессируют дофаминергический фенотип

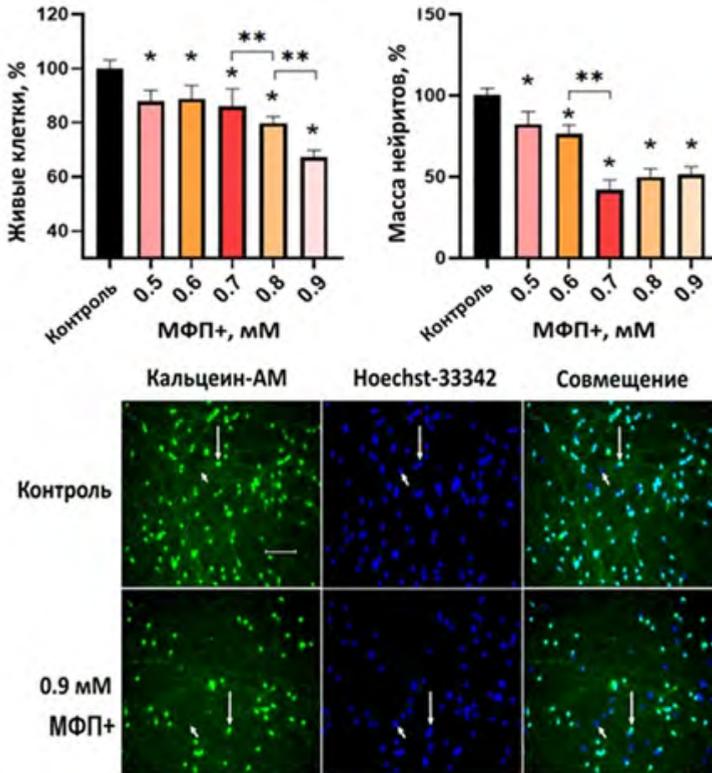


Рис. 97. Моделирование болезни Паркинсона на различных стадиях развития путем изменения концентрации нейротоксина (МФП+)

## **10. Новая рекомбинантная вакцина АВР Vax для профилактики и лечения аллергии к пыльце березы и перекрестной пищевой аллергии**

При выполнении мегагранта Правительства Российской Федерации мы создали принципиально новую аллерговакцину АВР Vax на основе уникальной рекомбинантной молекулярной конструкции для профилактики и лечения поллинозов.

Поллиноз (аллергия к пыльце растений), в особенности поллиноз, вызванный пыльцой березы – один из самых распространенных видов аллергических заболеваний в средней полосе России, Европе, Северной Америке и других странах. Поллиноз представляет собой гиперчувствительность, связанную образованием в организме антител класса IgE. Аллергены пыльцы берёзы часто вызывают перекрёстную IgE-реактивность с гомологичными белками – аллергенами, содержащимися в пыльце других деревьев, а также в различных пищевых продуктах. Задача лечения и профилактики поллинозов состоит в том, чтобы избежать образования IgE антител и добиться образования защитных антител класса IgG. Этого можно достичь благодаря аллерген-специфической иммунотерапии, для чего предлагается использовать новую рекомбинантную аллерговакцину АВР Vax. В состав вакцины включены наиболее распространенные молекулы аэроаллергенов и пищевых аллергенов, что позволит использовать ее для профилактики и лечения аллергии к пыльце березы и ассоциированной пищевой аллергии. Ранее на модели экспериментальных животных мы продемонстрировали защитное действие антител, индуцируемых кандидатной рекомбинантной аллерговакциной на основе рекомбинантного белка АВ-PreS. Действие вакцины АВР Vax превышало эффект аллерговакцин на основе экстрактов аллергенов. По возможностям производства, безопасности и удобству применения разрабатываемая отечественная молекулярная аллерговакцина АВР Vax превосходит традиционные препараты на основе экстрактов аллергенов. В 2023 году нами впервые в России в соответствии с правилами надлежащей лабораторной практики (НЛП/GLP) в полном объеме проведены доклинические исследования аллерговакцины. Доклинические исследования безопасности кандидатной аллерговакцины проведены в целях проведения клинических исследований и регистрации ее в странах Евразийского экономического союза. Показано отсутствие острой и хронической токсичности и аллергенности, фармакологическая безопасность и иммуногенность аллерговакцины. Показано отсутствие репродуктивной токсичности аллерговакцины на крысах при подкожном введении. Подготовлен перенос технологии на площадку фармацевтического производства в соответствии с GMP. Подготовлен комплект документов для перехода к клиническим исследованиям.

Организация: Институт иммунологии ФМБА России.

Авторы: Хаитов М.Р., Валента Р., Шиловский И.П., Смирнов В.В., Скворцова В.И.

Патент Российской Федерации № 2761431 «Рекомбинантный полипептид на основе аллергена пыльцы березы и аллергена яблока в качестве вакцины от аллергии» от 08.12.2021 г.

Международная заявка WO 2022/093065 A1 переведена на региональную/национальную фазу по процедуре РСТ: Евразийское Патентное Ведомство, Европейское Патентное Ведомство (38 государств), Китай, Индия, Узбекистан.

Получен евразийский патент на изобретение № 045191 от 31.10.2023 г.

## 11. Фебрильные судороги нарушают функции глутаматергической системы мозга

Фебрильные судороги (ФС) – неврологическое нарушение, развивающееся у детей в возрасте от 6 месяцев до 5 лет при температуре тела выше 38°C. Несмотря на высокую распространенность ФС, их последствия на развивающуюся нервную систему остаются мало изученными. Используя модель ФС, мы индуцировали судороги у 10-дневных крысят, которые по степени развития нервной системы соотносятся с детьми первого года жизни. Выявлено, что у крыс после ФС существенно изменяются свойства глутаматергической передачи, что было показано в электрофизиологических экспериментах на срезах мозга, в гистологических исследованиях, экспериментах по оценке порога возникновения судорог и при изучении поведения через 2 месяца после ФС. Наши эксперименты показали, что компенсаторное снижение возбудимости после ФС может снизить риск развития повторных судорог, однако, ведет к нарушению синаптической пластичности и процессов созревания нервной системы, а также снижению когнитивных способностей (Рис. 98).

Организация: ИЭФБ РАН РАН.

Авторы: Зайцев А.В., Постникова Т.Ю., Грифлюк А.В.

Публикации:

Postnikova TY, Griflyuk AV, Zhigulin AS, Soboleva EB, Barygin OI, Amakhin DV, Zaitsev AV. Febrile Seizures Cause a Rapid Depletion of Calcium-Permeable AMPA Receptors at the Synapses of Principal Neurons in the Entorhinal Cortex and Hippocampus of the Rat. *Int J Mol Sci.* 2023; 24(16):12621. doi: 10.3390/ijms241612621.

Griflyuk AV, Postnikova TY, Malkin SL, Zaitsev AV. Alterations in Rat Hippocampal Glutamatergic System Properties After Prolonged Febrile Seizures. *Int J Mol Sci.* 2023; 24.

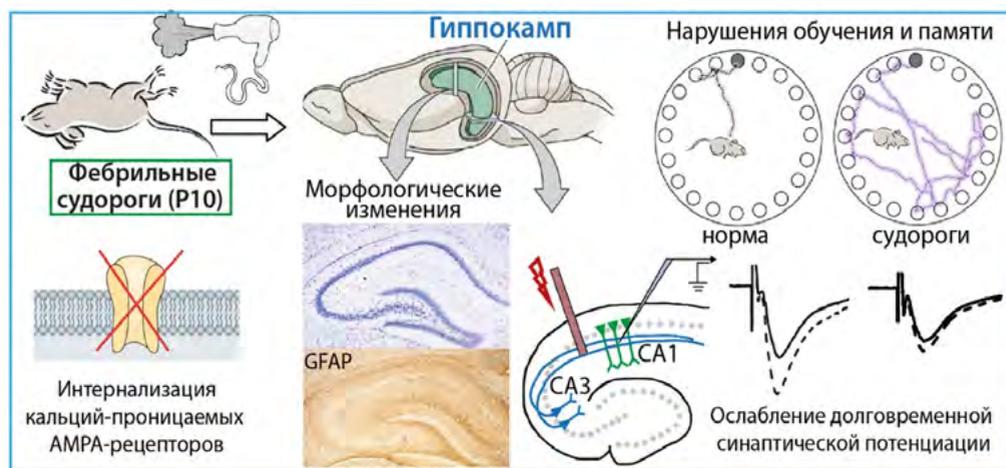


Рис. 98. Фебрильные судороги нарушают функции глутаматергической системы мозга, схема исследований

## 12. Особенности нейроанатомии «социального мозга» связанные с темными чертами личности

Черты личности определяют различные аспекты социальных взаимодействий. Три негативные черты личности – нарциссизм, психопатия и макиавеллизм – объединяют в единый комплекс, характеризующий антисоциальное поведение, пренебрежение к нормам морали и склонность к манипулированию. Простая суммарная оценка выраженности этих черт давно и успешно применяется в психологической практике, однако, нейроморфологическая основа этих характеристик остается мало исследованной. Ни в одном из ранее проводившихся исследований особенностей строения мозга человека, связанных с высокими значениями Темной триады, не учитывалась комплексная и многофакторная природа этой личностной характеристики – изучались лишь отдельные аспекты, связанные с каждой из черт в отдельности.

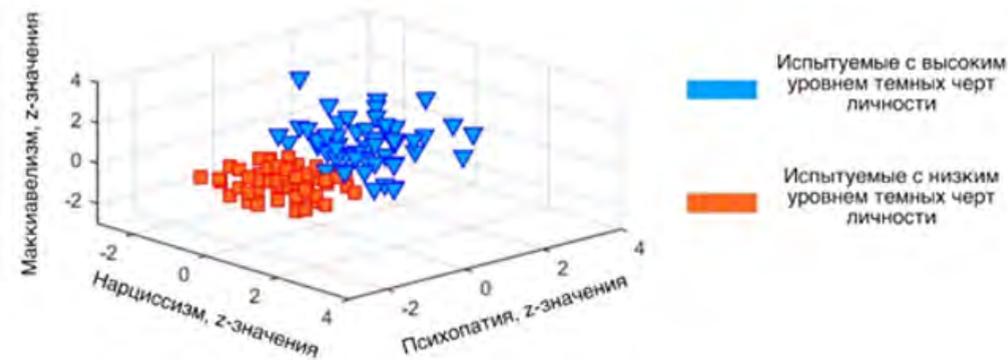
Для преодоления данного ограничения, впервые в практике социальной нейробиологии человека, мы применили подход по сочетанному использованию технологии Data mining и воксельной магнитно-резонансной (МР) морфометрии. Для анализа выборки из 129 здоровых добровольцев был использован алгоритм кластеризации k-means, где психодиагностические данные опросника Темной триады, по степени «схожести» показателей трех черт, были разделены на две группы с высокими и низкими показателями. В результате межгруппового сравнения структурных МР-изображений мозга было показано, что у людей с высоким уровнем черт Темной триады наблюдается снижение объема серого вещества в структурах, связанных с обеспечением эмоциональной регуляции и эмпатии (поясная кора, дорсолатеральная префронтальная кора, орбитофронтальная кора), восприятия вознаграждения (n. accumbens билатерально, хвостатые ядра). Таким образом, впервые экспериментально установлена связь между характеристиками структуры серого вещества областей входящих в состав «социального мозга» и комплексом черт Темной триады, отражающей склонность к манипулированию другими и игнорированию норм просоциального поведения (Рис. 99).

Организация: ИМЧ РАН.

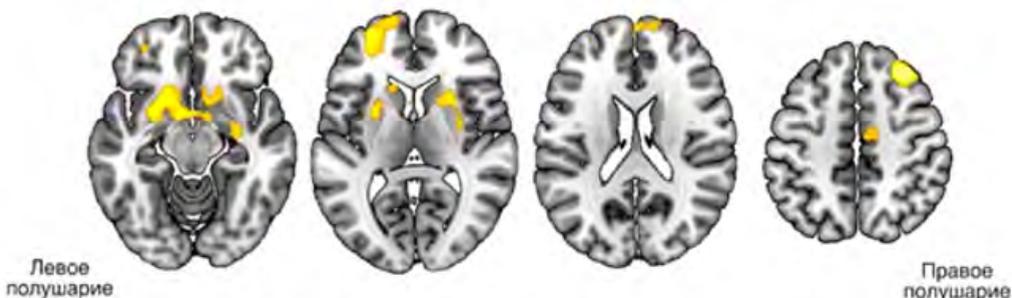
Авторы: Мызников А.Д., Коротков А.Д., Чередниченко Д.В., Дидур М.Д., Киреев М.В.

*Публикация:*

По результатам работы подготовлена статья, которая принята к публикации в журнале *Frontiers in Psychology* (IF = 4.2, Q1 WOS).



У испытуемых с высоким уровнем темных черт личности было выявлено снижение объема серого вещества в структурах, относящихся к эмоциональной регуляции (поясная кора, дорсолатеральная префронтальная кора, орбитофронтальная кора), системе вознаграждения (п. accumbens билатерально, хвостатые ядра).



**Рис. 99.** Исследования особенностей нейроанатомии «социального мозга» связанные с темными чертами личности

### 13. Трансгенерационное влияние стресса самца-отца на поведение и память потомков сопровождается изменением содержания малых некодирующих РНК в сперматозоидах

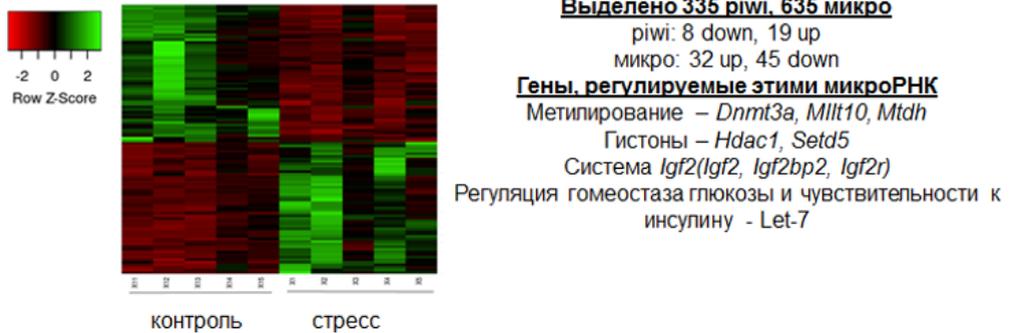
Показано трансгенерационное влияние стрессирования самцов крыс как в пренатальный период развития, так и в период сперматогенеза на память и экспрессию в мозге гена инсулиноподобного фактора роста 2 (Igf2) их потомков обоего пола. С использованием метода секвенирования следующего поколения (NGS) у стрессированных самцов-отцов выявлено изменение экспрессии 27 piwiРНК и 77 микроРНК в сперматозоидах. Среди генов-мишеней этих микроРНК имеются гены, продукты которых могут быть вовлечены в такие механизмы передачи отцовских эффектов потомству, как изменения метилирования ДНК, модификация гистонов и РНК-интерференция (Рис. 100). Дальнейшие исследования в этом направлении,

в том числе с использованием спермы человека, могут способствовать выявлению специфических биомаркеров в сперме, которые будут свидетельствуют о неблагоприятном прогнозе для здоровья потомства и служить диагностическим критерием нежелательности зачатия при воздействии стрессоров на отца.

Организации: ИФ РАН, НИИ акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д.О. Отта.

Авторы: Ордян Н.Э., Малышева О.В., Пивина С.Г.

#### Тепловая карта дифференциально экспрессирующихся микроРНК в сперматозоидах (NGS)



**Рис. 100.** Изменение содержания малых некодирующих РНК в сперматозоидах стрессированных самцов крыс

#### 14. Рецепторы следовых аминов и опосредованная моноаминовыми нейротрансмиттерами регуляция секреции инсулина в островках Лангерганса

В настоящее время распространение метаболических заболеваний приобрело характер эпидемии. При этом отмечается, что антипсихотические препараты нового поколения, мишенью которых является рецептор следовых аминов TAAR1, также способны оказывать благотворное воздействие на энергетический метаболизм.

В исследовании, результаты которого были опубликованы в журнале “Biomolecules” (первый квартиль по SJR), был осуществлён обзор литературы, обобщающий современные представления о роли моноаминовых нейротрансмиттеров и их рецепторов, а также рецепторов следовых аминов в регуляции секреции инсулина островками Лангерганса поджелудочной железы. Также была проведена оценка экспрессии рецепторов TAAR в островках Лангерганса путём анализа наборов данных депонированных в открытом репозитории Gene Expression Omnibus (GEO). Все рецепторы семейства TAAR, за исключением TAAR2, были представлены, по крайней мере, в части изученных образцов островков Лангерганса. Было установлено, что гены TAAR экспрессируются во всех популяциях клеток островков Лангерганса, в первую очередь в  $\delta$ -клетках, играющих центральную роль в регуляции индуцированной глюкозой секреции инсулина.

Установлено, что экспрессия генов рецепторов TAAR в клетках островков поджелудочной железы ассоциирована с экспрессией других GPCR-рецепторов,

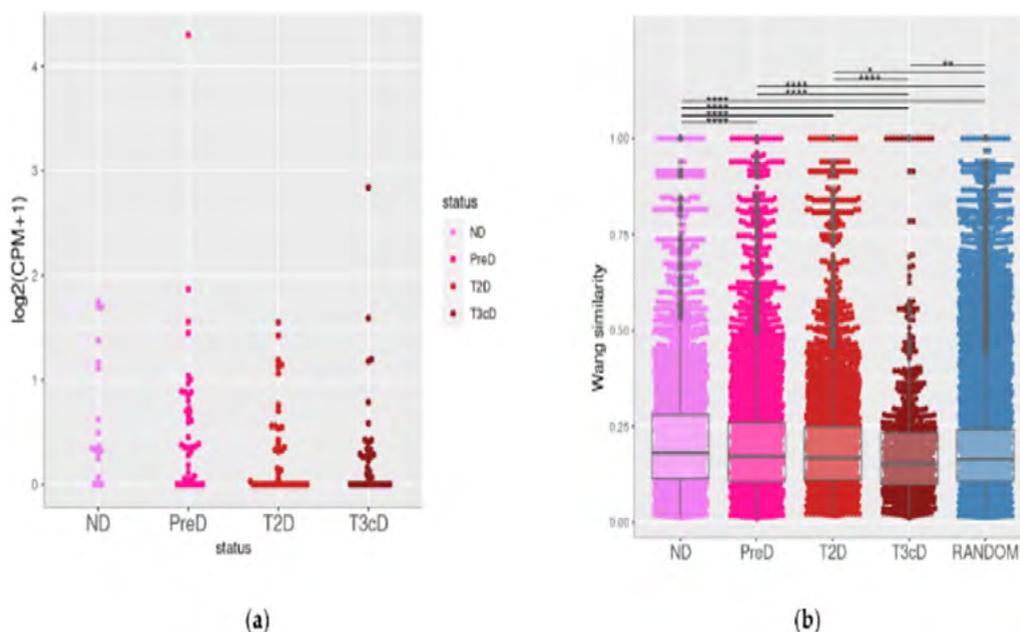
в том числе задействованных в распознавании экзогенных химических соединений, таких как обонятельные и вкусовые рецепторы (согласно данным, представленным в литературе, указанные рецепторы присутствуют в островках Лангерганса и участвуют в регуляции секреции инсулина). В то же время при развитии толерантности к глюкозе и диабета II типа выявленные взаимосвязи между экспрессией TAAR1 и других генов, включая гены рецепторов GPCR, нарушаются (Рис. 101).

Организация: Санкт-Петербургский государственный университет.

Авторы: Ваганова А.Н., Шемякова Т.С., Ленская К.В., Гайнетдинов Р.Р.

*Публикация:*

Vaganova A.N.; Shemyakova T.S.; Lenskaia K.V.; Rodionov R.N.; Steenblock C.; Gainetdinov R.R. Trace Amine-Associated Receptors and Monoamine-Mediated Regulation of Insulin Secretion in Pancreatic Islets. *Biomolecules* 2023, 13, 1618. <https://doi.org/10.3390/biom13111618>



**Рис. 101.** Несмотря на то, что экспрессия TAAR1 сохраняется в островках Лангерганса при развитии преддиабетических состояний и диабета (а), функциональное сродство между генами, ко-экспрессирующимися с TAAR1, снижается у больных диабетом и пациентов с толерантностью к глюкозе (б); ND—без диабета (здоровые доноры), PreD—пациенты с преддиабетическим состоянием, T2D—диабет II типа, T3cD—диабет III типа .

\*— $p < 0.05$ , \*\*— $p < 0.01$ , \*\*\*\*— $p < 0.001$

## 15. Влияние рационального использования метформина на безопасность и эффективность терапии алпелисибом у пациенток гормонозависимым метастатическим раком молочной железы (реальная клиническая практика 3 регионов России)

У 33–40% пациенток люминальным HER2-отрицательным раком молочной железы (ГР+ HER2– РМЖ) выявляются мутации в гене PIK3CA, что приводит к активации пути PI3K/АКТ/ mTOR, гормонорезистентности и уменьшению выживаемости.

Алпелисиб – препарат, блокирующий Р1К3СА путь канцерогенеза опухолевой клетки, позволяет преодолеть гормонорезистентность. Противоопухолевое действие препарата реализуется через блокировку рецептора инсулина, тем самым инактивируется экспрессия белка глюкозного котранспортера, в результате глюкоза не может проникнуть внутрь клетки. При инактивации рецептора инсулина возникает гипергликемия (ГГ), патогенез которой аналогичен инсулинорезистентности при сахарном диабете 2 типа. Развитие ГГ приводит к необходимости изменения режима применения алпелисиба (пропуску дозы, снижению дозы и отмене препарата).

Согласно разработанному российскими онкологами и эндокринологами консенсусу по профилактике гипергликемии на фоне терапии, в зависимости от группы риска, рекомендовано профилактическое применение метформина: при низком риске ГГ метформин не назначается, при умеренном риске – 500–1000мг/сутки, высоком риске – 2000мг/сутки. Эффективность подобного подхода была подтверждена в пилотном исследовании у 18 пациенток ГР+ HER2– метастатическим РМЖ, после предшествующей терапии ингибиторами CDK4/6, 3 из которых имели умеренный, а 5 – высокий риск гипергликемии.

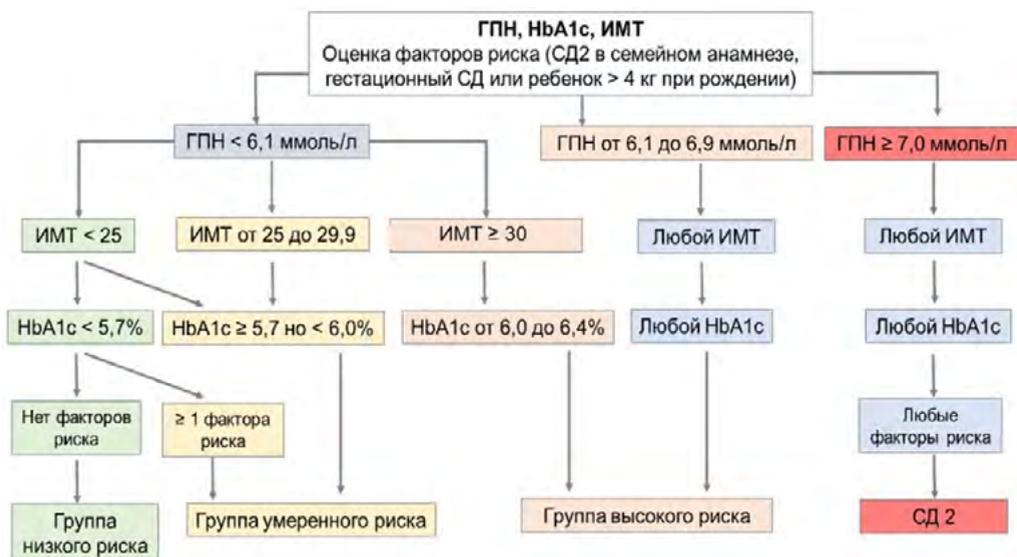


Рис. 102. Консенсус по профилактике гипергликемии

Ниже приведены результаты эффективности и безопасности терапии алпелисибом с фулвестрантом при рациональном применении метформина в нескольких центрах Российской Федерации (в Москве, Санкт-Петербурге и Краснодаре) у 139 пациенток ГР+ HER2– метастатическим РМЖ. Ни у одной пациентки не зарегистрировано ГГ 4 степени, частоту ГГ 3 степени удалось снизить на 20% по сравнению с данными регистрационных исследований (Рис. 103). Отмена терапии и снижение дозы в связи с гипергликемией в нашем исследовании была также существенно ниже, чем в исследовании SOLAR: отмена терапии 6,3 vs 1,1%, снижение дозы – 63,9 vs 3,6%, соответственно.

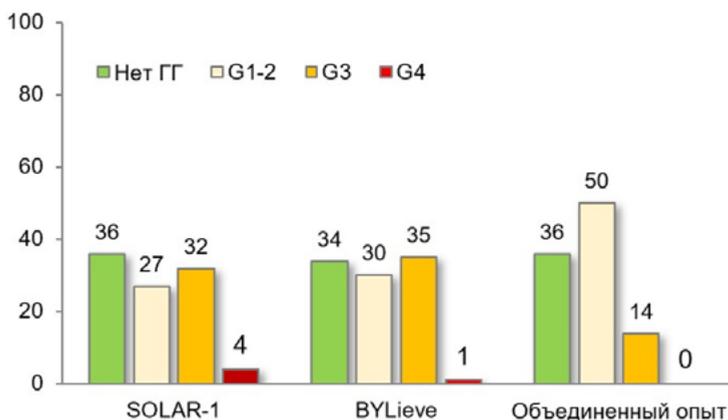
Полученные нами данные демонстрируют высокую эффективность рационального применения профилактической дозы метформина: частота снижения дозы, отмены терапии алпелисибом существенно ниже, чем в регистрационных исследованиях. Возможность сохранения интенсивности дозы алпелисиба в нашем исследовании привела к увеличению времени без прогрессирования по сравнению с данными литературы: 7,0 мес vs 5,5 мес.

Организация: ГБУЗ МКНЦ имени А.С. Логинова ДЗМ.

Авторы: Жукова Л.Г., Филоненко Д.А., Орлова Р.В., Горяинова А.Ю.

*Публикация:*

Stephen Chia et al. Alpelisib + endocrine therapy in patients with PIK3CA-mutated, hormone receptor– positive, human epidermal growth factor receptor 2–negative, advanced breast cancer: Analysis of all 3 cohorts of the BYLieve study. J Clin Oncol 41, 2023 (suppl 16; abstr 1078).



ГГ-гипергликемия, G1-2 – степень 1-2, G3- степень 3, G4 – степень 4.

**Рис. 103.** Частота развития гипергликемии в исследованиях

## 16. Характеристика адаптивного потенциала бифидобактерий и его значение для разработки биопрепаратов

Охарактеризованы свойства бифидобактерий, участвующие в формировании адаптивного потенциала и регуляторных функций микробиоты кишечника. С использованием метода хромато-масс-спектрометрии у кишечных и пробиотических штаммов бифидобактерий определены алкилрезорцины и близкие им по структуре соединения: гваякол (2-метоксифенол),  $\gamma$ -бутиролактон, 4-гексилрезорцин, являющиеся низкомолекулярными сигнальными молекулами (Рис. 104). На основе изученных свойств разработан способ отбора перспективных штаммов для включения в состав пробиотических препаратов и предложен консорциум штаммов бифидобактерий, который может быть использован для получения кисломолочных, ферментированных и неферментированных пищевых продуктов, детского питания, заквасок, гигиенических и косметических средств, биологически активных добавок, бактериальных препаратов.

Организации: ИКВС УрО РАН, ФИЦ «Биотехнология» РАН, Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН.

Авторы: Бухарин О.В., Иванова Е.В., Перунова Н.Б., Николаев Ю.А., Олескин А.В., Эль-Регистан Г.И.

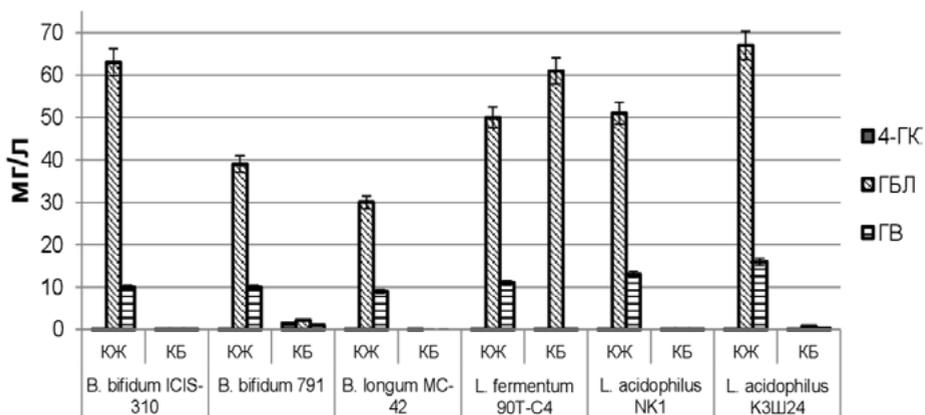
*Публикации:*

Bukharin O.V., Perunova N.B., Nikolaev Yu.A., Ivanova E.V., Oleskin A.V., and El'-Registan G.I. Secondary Metabolites of Bifido- and Lactobacteria Fulfilling Signal Functions // *Microbiology*, 2023, Vol. 92, No. 6, P. 875–880. <https://doi.org/10.1134/S0026261723601549> (Web of Science, Q4)

Бухарин О.В., Иванова Е.В. Особенности персистенции индигенных штаммов бифидобактерий кишечника человека // *Вестник Российской академии наук*, 2023, Т. 93, № 6, С. 548–555. <https://doi.org/10.1134/S1019331623030073> (Web of Science, Q4)

Бухарин О.В., Иванова Е.В., Перунова Н.Б. Способ отбора индигенных штаммов бифидобактерий кишечника человека для их включения в состав пробиотических препаратов. Патент №2806579 от 01.11.2023, Бюл. № 31.

Бухарин О.В., Перунова Н.Б., Иванова Е.В. Консорциум штаммов бифидобактерий, используемый для приготовления бифидосодержащей продукции. Патент №2805505 от 18.10.2023, Бюл. № 29.



**Рис. 104.** Содержание гексилрезорцина и его метаболитов в культуральных жидкостях (КЖ) и клетках бактерий (КБ). 4ГК - 4-гексилрезорцин, ГБЛ — гамма-бутиролактон, ГВ — гваякол

## 17. Новый механизм обеспечения высокой аэробной физической работоспособности и биохимический маркер этого механизма, обладающий высокой диагностической значимостью

В проведенном цикле исследований был выявлен новый NO-зависимый физиологический механизм повышения аэробной физической работоспособности, реализующийся на пороге анаэробного обмена (лактатный порог, lactate thresholds) у элитных лыжников-гонщиков по сравнению с высококвалифицированными спортсменами уровня сборных команд. В серии экспериментов на животных, в тесте с принудительным плаванием до отказа, проведено методическое обоснование фор-

мирования более высокого лактатного порога у выносливых животных при более низких уровнях оксида азота оцениваемого по показателю стабильных метаболитов оксида азота – NOx, кортизола, глюкозы и лактата. В реальных соревновательных условиях продемонстрирована высокая клинико-диагностическая и прогностическая значимость показателя стабильных метаболитов оксида азота (NOx) в крови, уровень которого коррелирует с достигнутым спортивным результатом у лыжников-гонщиков, членов сборной команды России (Рис. 105).

Организация: ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Автор: Бойко Е.Р.

Публикации:

Potolitsyna N, Parshukova O, Vakhnina N, Alisultanova N, Kalikova L, Tretyakova A, Chernykh A, Shadrina V, Duryagina A, Bojko E. Lactate thresholds and role of nitric oxide in male rats performing a test with forced swimming to exhaustion // *Physiological Reports*. 2023 Sep;11(17):e15801. <https://doi.org/10.14814/phy2.15801>

О результатах обследования лыжников-гонщиков, членов сборных команд России в условиях стартов этапа Кубка России, 12-16 января 2023года: отчет о НИР в Олимпийский комитет России / Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; рук. Бойко Е.Р.; Сыктывкар, 2023.- 11с.

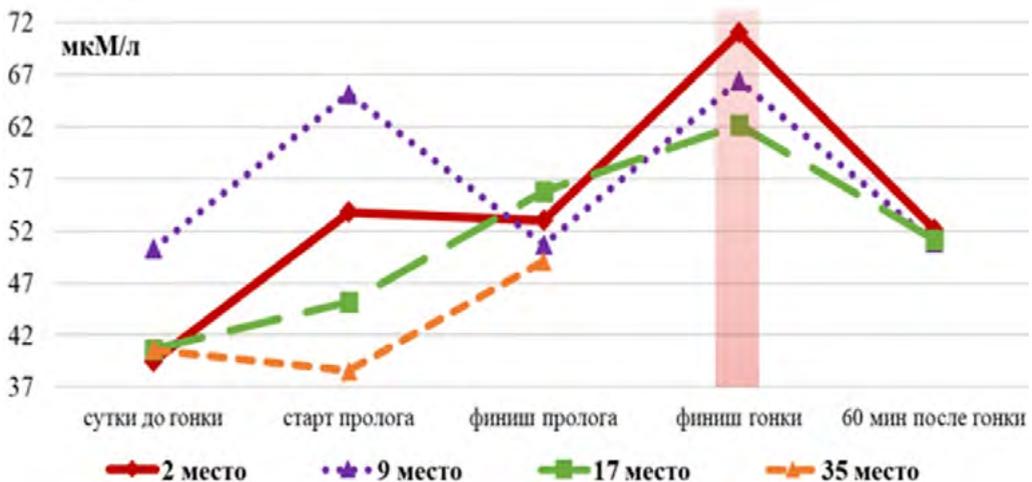


Рис. 105. Индивидуальные уровни показателя NOx у лыжников-сборников России, в условиях соревновательной деятельности – спринтерская гонка, VI этап Кубка России, 12-15. 01. 2023 г.

## 18. Способ оценки изменения микроциркуляции структур головного мозга после реваскуляризации внутренней сонной артерии с использованием оптической когерентной томографии сетчатки глаза

У взрослых людей наиболее частой причиной ишемического инсульта, также, как и преходящих ишемических атак, является нарушение гемодинамики в сонных артериях в результате стенозирующе-окклюзирующего атеротромбоза.

Наиболее эффективным методом предупреждения и лечения этих грозных осложнений является восстановление нарушенного кровотока в сонных артериях путем каротидной эндартерэктомии или стентирования сонных артерий. Эти лечебные процедуры при успешном восстановлении кровотока во внутренней сонной артерии и ее крупных ветвях приводят к существенному улучшению кровоснабжения структур головного мозга на уровне макроциркуляции. Однако влияние этих лечебных процедур на микроциркуляцию структур головного мозга изучено недостаточно хорошо в связи с анатомическими особенностями структур головного мозга. Для решения этих вопросов нами была разработана оригинальная методика, основанная на исследовании кровоснабжения глаза, который, как известно, снабжается кровью внутренней сонной артерии (ВСА). Следовательно, изучив васкуляризацию глаза до и после процедуры стентирования ВСА, можно с высокой долей вероятности судить о динамических изменениях в кровоснабжении структур головного мозга как на макро-, так и на микроциркуляторном уровне, что нами и сделано у 92 больных. После стентирования ВСА отмечалось статистически значимое увеличение параметров микроциркуляции, как на ипсилатеральных, так и на контралатеральных глазах ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 1.).

Таблица 1. Показатели плотности микрососудистой сетки поверхностных и глубоких сосудистых сплетений в макулярной области и перипапиллярной зоне в ипсилатеральных и контралатеральных глазах до и после стентирования ВСА

Параметры ОКТА и флоуметрии	Ипсилатеральные глаза, р	Контралатеральные глаза, р
Плотность микрососудистой сетки перипапиллярного сосудистого сплетения 4×4, мм	0,12	0,52
Скелетизированная плотность микрососудистой сетки в перипапиллярном сплетении 4×4	0,62	0,74
Плотность микрососудистой сетки поверхностного ретинального слоя 6×6 мм	0,58	0,65

Организации: Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Центр интервенционной кардиоангиологии; Научно-исследовательский институт глазных болезней Москвы.

Авторы: академик РАН Иоселиани Д.Г., Сандодзе Т.С., Юсеф Ю.Н., Дуржинская М.Х.

*Публикация:*

Микроциркуляция глаза после реконструктивных операциях на сонных артериях в раннем послеоперационном периоде. Юсеф Ю.Н., Семитко С.П., Дуржинская М.Х., Казарян Э.Э., Саргсян А.З., Сандодзе Т.С., Иоселиани Д.Г. Вестник офтальмологии 2022; Т.138; №5;186-195.

## 19. Диагностика и лечение постковидных нарушений иммунной системы

В клинических исследованиях иммунного статуса пациентов с постковидным синдромом выявлены повреждения эритроидного и тромбоцитарного ростков кроветворения, нарушения параметров врожденного и приобретенного иммунитета, в том числе снижение экспрессии рецепторов CD46 с описанием 4 новых фенотипов постковидной иммунопатологии. Впервые с помощью биоинформационных методов показано, что структурные белки вируса SARS-CoV-2 (EP, MP, NP и SP) способны взаимодействовать с лейкоцитарным рецептором CD46, что может являться альтернативным механизмом проникновения вируса в клетку и играть ключевую роль в патогенезе нарушений иммунного ответа у больных (Рис. 106).

Организации: ИИФ УрО РАН, Южно-Уральский государственный университет, Волгоградский государственный медицинский университет

Авторы: Гусев Е.Ю., Добрынина М.А., Зурочка А.В., Зурочка В.А., Сарапульцев А.П., Комелькова М.В., Васильев П.М.

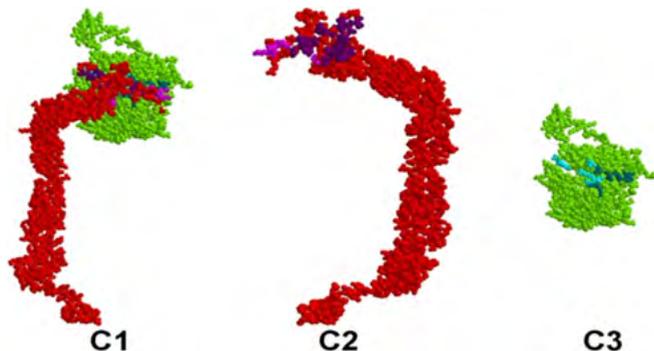
*Публикации:*

Dobrynina M.A., Ibragimov R.V., Kritsky I.S., Verkhovskaya M.D., Mosunov A.A., Sarapultsev G.P., Zurochka A.V., Zurochka V.A., Sarapultsev A.P., Komelkova M.V., Ryabova L.V., Praskurnichiy E.A. Post-covid immunopatology syndrome: characteristics of phenotypical changes in the immune system in post-covid patients / Medical Immunology (Russia) 2023, Vol. 25, 4, pp.791-796. doi: 10.15789/1563-0625-PCI-2707

Добрынина М.А., Зурочка А.В., Комелькова М.В., Зурочка В.А., Сарапульцев А.П. Нарушение В-клеточного звена иммунной системы и связанных с ним нарушений иммунитета у постковидных пациентов / Российский иммунологический журнал, 2023. Т. 26, № 3. С. 241-250. doi: 10.46235/1028-7221-9636-DIT

Добрынина М.А., Зурочка А.В., Зурочка В.А., Рябова Л.В., Сарапульцев А.П. Формирование подходов к иммунокоррекции нарушений иммунной системы у постковидных пациентов / Российский иммунологический журнал, 2023. Т. 26, № 4. С. 641-646. DOI: 10.46235/1028-7221-13492-ATC

Vassiliev P., Gusev E., Komelkova M., Kochetkov A., Dobrynina M., Sarapultsev A. Computational Analysis of CD46 Protein Interaction with SARS-CoV-2 Structural Proteins: Elucidating a Putative Viral Entry Mechanism into Human Cells / Viruses, 2023, №15, 2297,p.1-15. <https://doi.org/10.3390/v15122297>



**Рис. 106.** Валидная 3D-модель белок-белкового комплекса CD46 человека и NP SARS-CoV-2. CD46 выделен красным цветом, его связывающие аминокислоты светло-фиолетовым, ключевые аминокислоты темно-фиолетовым; белок SARS-CoV-2 выделен зеленым цветом, его связывающие аминокислоты бирюзовым, ключевые аминокислоты темно-бирюзовым.

## **20. Гуморальный иммунитет против Ad26 не препятствует образованию SARS-CoV-2 нейтрализующих антител после бустерной вакцинации Спутником V**

Одна из проблем, возникающих при вакцинации аденовирусными векторами, в том числе вакциной Спутник V, является возможное влияние антител против аденовирусного вектора на образование специфических антител против шиповидного белка (S антигена) возбудителя COVID-19 вируса SARS-CoV-2.

Как известно, при вакцинации Спутником V для первой вакцинации используется рекомбинантный аденовирус человека серотипа 5 (Ad5-S), экспрессирующий ген S-белка коронавируса адено5, а для второй (бустерной) вакцинации – аденовирус человека серотипа 26 (Ad26-S). В связи с этим были определены уровни антивекторных антител в динамике до и после вакцинации. Другой задачей является сравнение уровней анти-векторных нейтрализующих антител и анти-SARS-CoV-2 связывающих и нейтрализующих антител.

Был впервые разработан оригинальный метод для определения вектор-нейтрализующих антител против рекомбинантных аденовирусов Ad5 и Ad26.

Была определена динамика образования анти-векторных нейтрализующих антител против рекомбинантных аденовирусов Ad5 и Ad26 до и после вакцинации.

Было изучено возможное влияние анти-векторных нейтрализующих антител на уровень анти-SARS-CoV-2 связывающих и нейтрализующих антител.

Показано, что гуморальный иммунитет против Ad26 не препятствует образованию SARS-CoV-2 нейтрализующих антител после бустерной вакцинации Спутником V.

Организация: Институт иммунологии ФМБА России.

Авторы: Филатов А.В., Бязрова М.Г.

*Публикации:*

Byazrova MG, Astakhova EA, Minnegaliev AR, Sukhova MM, Mikhailov AA, Prilipov AG, Gorchakov AA, Filatov. Anti-ad26 humoral immunity does not compromise sars-cov-2 neutralizing antibody responses following gam-covid-vac booster vaccination. AV NPJ Vaccines, 2022; 7(1):145. Impact factor 9.399, Q1.

Byazrova M, Gattinger P, Astakhova E, Hofer G, Khaitov M, Filatov A, Valenta R.

Dissection of antibody responses of gam-covid-vac-vaccinated subjects suggests involvement of epitopes outside rbd in sars-cov-2 neutralization. Int J Mol Sci. 2023; 24(6):5104, Impact factor 5.6; Q1.

## **МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**

### **Состояние отраслей фундаментальной науки и важнейшие научные достижения российских ученых в 2023 году.**

В клиническую практику входят передовые методы высокотехнологичной медицинской помощи, в том числе с использованием технологий виртуальной и дополненной реальности, нейропротезирования, интерфейсов мозг-компьютер,

а также клеточная и генная терапия, новые методы лучевой и лабораторной диагностики заболеваний, технологии неинвазивной нейрохирургии, персонифицированные подходы к лечению заболеваний.

## **Перспективы развития клинической медицины**

1. *В области акушерства, гинекологии, репродуктивной и перинатальной медицины:* разработка и внедрение персонифицированных методов диагностики в практику перинатологии, онкологии и репродуктивной медицины, профилактики и терапии; разработка и внедрение уникальных методов молекулярной диагностики, позволяющих на самой ранней стадии выявлять риски осложнений беременности, проводить профилактику с целью повышения здоровья новорожденных.

2. *В области хирургии:* разработка методов инновационной хирургической терапии; развитие минимально-инвазивной хирургии; дальнейшее совершенствование методов визуализации и 3D печати; расширение возможностей и совершенствование методов лечения с применением роботизированной хирургии; развитие цифровых медицинских технологий дистанционного наблюдения для мониторинга результатов хирургического лечения, эффективности проводимых реабилитационных мероприятий; изменение парадигмы охраны здоровья с активного лечения на предупреждение повреждений, начиная с механизмов молекулярно-нетического уровня.

3. *В области нейрохирургии:* дальнейшая разработка и внедрение методов малоинвазивного лечения опухолевых клеток головного мозга человека; разработка и совершенствование методов реконструкции нервных стволов синтетическими кондуитами, позволяющими обеспечить восстановление обширных дефектов нервов и улучшить функциональный исход после ранений нервных стволов у человека; совершенствование и развитие программ для воссоздания недостающих фрагментов и построения 3D моделей протеза и/или 3D моделей для изготовления протезов в нейрохирургии; развитие и внедрение методик визуализации и построения персонифицированных трехмерных моделей, позволяющих проводить сегментацию костных структур всего позвоночного столба с целью определения опасных зон при планировании оперативного вмешательства; совершенствование программного обеспечения системы хирургической навигации, трактографии с возможностью построения 3D-модели трактов; совершенствование и широкое внедрение в систему реабилитации при органическом поражении мозга и механизмов его восстановления методов виртуальной и дополненной реальности.

4. *В области онкологии:* использование искусственного интеллекта и машинного обучения с возможностью анализа состояния пациента в реальном времени и принятием тактических решений в онкологии.

5. *В области терапии:* внедрение инновационных организационных решений по эффективной региональной маршрутизации пациентов на ранних сроках развития сердечно-сосудистых заболеваний и на этапе формирования факторов риска; внедрение технологий биобанкирования в рамках стационара с объедине-

нием данных биобанка и данных электронных историй болезни (ЭИБ) для последующего использования в научных целях; развитие и интеграция имеющихся информационных систем здравоохранения в единый контур на региональном и федеральном уровнях; идентификация новых чувствительных и специфичных циркулирующих маркеров развития и прогрессирования различных патологий при помощи сочетания протеомных и таргетных методов исследования; разработка, тестирование, валидация и внедрение инструментов искусственного интеллекта для цифровой и автоматизированной диагностики; разработка систем автоматизированного расчета рисков различных патологий с учетом составления индивидуальных массивов персональных биомедицинских данных; внедрение квантовых компьютеров в анализ «больших данных» в контексте прогнозирования различных медико-социальных тенденций.

Разработана единая система планирования вмешательств с использованием технологий виртуальной реальности и интраоперационной визуализации.

Система позволит объединить в единую информационную среду работу врачей разных специальностей, участвующих в жизненном цикле пациента в ЛПУ от диагностики до реабилитации. Основа системы – работа с медицинскими изображениями различных модальностей с применением инструментов искусственного интеллекта и ретроспективного анализа.

Подготовленные 3D-модели подгружаются в виртуальную среду, где несколько пользователей одновременно могут взаимодействовать с данными моделями, позволяя осматривать объекты по отдельности, делать необходимые заметки по дальнейшим действиям уже на реальном пациенте. Пользователи системы могут находиться в разных городах и даже странах, взаимодействуя между собой по голосовому чату.

В программном обеспечении будет доступен ряд обучающих моделей, которые позволят визуализировать и отработать базовые навыки предоперационного планирования.

*6. В области неврологии и нейронаук:* дальнейшее изучение характеристик функциональной сети головного мозга; возможностей регистрации и прогнозирования изменений жизнеспособности, функциональной активности, метаболической пластичности и коммуникации клеток-компонентов гистогематических барьеров мозга; изучение фундаментальных основ нейропластичности путем реконструкции нейросетей мозга с использованием искусственного интеллекта, новейших технологий нейровизуализации, ЭЭГ сверхвысокого разрешения и навигационной транскраниальной магнитной стимуляции; разработка методов молекулярного профилирования и идентификации специфичных и чувствительных биомаркеров поражения мозга; реализация стратегии превентивной нейропротекции; создание персонализированных нейронных матриц; развитие сквозных технологий в неврологии: искусственного интеллекта, включая технологии машинного обучения и когнитивные технологии, технологии виртуальной и дополненной реальностей.

*7. В области биомедицинских исследований:* развитие биомиметических подходов к созданию изделий медицинского назначения с возможностью синтеза компонентов структур сердечно-сосудистой системы *de novo in situ*; расширение возможностей омиксных технологий с обязательным трансляционным характе-

ром исследования, миниатюризации технологий; создание аутологичных тканеинженерных изделий при помощи направленной дифференцировки клеточных популяций из периферической крови.

8. *В области офтальмологии*: совершенствование и развитие методов терапии офтальмологических осложнений при проведении радиойодтерапии и сопутствующей онкологической патологии; дальнейшая разработка методов применения тканеинженерных конструкций на основе биополимеров с целью управления регенерацией тканей роговицы; развитие нового научного направления в изучении патогенеза кератоконуса, связанного с особенностями осаждения минеральных элементов халькофильной группы в роговице; дальнейшее совершенствование и развитие методов морфологического, генетического и биометрического анализа; изучение современных подходов к микроствентированию в хирургии глаукомы.

9. *В области ревматологии*: развитие и внедрение методов лечения детей с орфанным моногенным аутовоспалительным заболеванием, ассоциированным с мутацией в гене NLRP3 — CINCA/NOMID; определение порога стратификации высокого риска тромбозов у пациентов с системной красной волчанкой (СКВ) и первичным антифосфолипидным синдромом (ПАФС).

10. *В области фтизиатрии*: совершенствование методов генотипирования штаммов микобактерий туберкулеза и нетуберкулезных микобактерий и изучение генотипических механизмов устойчивости микобактерий к новым противотуберкулезным препаратам; разработка новых тест-систем; совершенствование методов химиотерапии, дальнейшее изучение безопасных режимов химиотерапии для лечения больных туберкулезом легких и сопутствующей патологией; дальнейшее изучение наночастиц алмаза биомедицинского применения в респираторном отделе лёгких в эксперименте; развитие новой концепции патофизиологии туберкулезного очага, отражающей начальные этапы образования туберкулезной гранулемы у взрослых.

11. *В области педиатрии*: совершенствование методов и технологий медицинской помощи детям с применением самых современных и прорывных достижений в педиатрии; дальнейшее развитие модели мультидисциплинарной персонализированной медицинской помощи детям, создание и развитие сетевых многоцентровых проектов, использующих большие массивы данных (big data); развитие межведомственного взаимодействия по направлениям не только медицинских, но и гуманитарных и общественных наук.

### **Перспективы развития медико-биологических наук**

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

2. Разработка новых технологических платформ клеточной терапии с использованием аутологичных клеточных препаратов, технологий создания тканеинженерных конструкций, биодegradируемых конструкций и имплантатов, способных с течением времени замещаться нормальной тканью, технологий идентификации новых потенциальных мишеней, специфичных для опухолевой стволовой клетки.

## Перспективы развития профилактической медицины

1. Разработка компьютерной программы развития эпидемий на территории России и методик стратификации групп риска формирования множественной лекарственной устойчивости у пациентов с инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, с целью оптимизации антибиотикотерапии.

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

3. Разработать платформу создания универсальных вакцин, защищающих человека и животных от широкого спектра патогенов на основе генов природной системы стимуляции врожденного иммунного ответа, путем конструирования рекомбинантных векторных систем, содержащих нужные гены.

4. Создание федерального криогенного банка биообразцов природных симбиотических микробиоценозов пищеварительного тракта человека в норме и патологии.

## Важнейшие научные достижения медицинской науки в 2023 г

### 1. Создание базы знаний структурных мотивов белков: цифровое зрение в топологии структур белков (Рис. 107)

Результат. Белки, экспрессируемые во время клеточного цикла, определяют функцию клетки и обеспечивают реализацию сигнальных путей в ответ на воздействия окружающей среды. Развитие и совершенствование методов в структурной биологии, биофизике и биоинформатике обеспечивают исследователя новой информацией о структуре и функции отдельных белков. Важными в понимании функции и «жизненного» цикла белка являются сведения о структурных изменениях, обусловленных посттрансляционным модифицированием (ПТМ) и аминокислотными заменами.

В ходе выполнения проекта в 2023 году создан веб-доступный прототип базы знаний (<https://psskb.org/>). База знаний содержит четыре модуля: база данных аннотированных по биологическим и физико-химическим свойствам 5 млн структурных мотивов белков (30 вариантов структурных мотивов); поисковый сервис для выявления схожих по топологии структурных мотивов белков произвольной длины с помощью искусственного интеллекта; сервисы моделирования всех возможных канонических аминокислотных замен в белках и пяти вариантах посттрансляционных модификаций. База знаний предназначена для популяризации среди исследователей в области биомедицины методов структурного анализа. Исследователи в этой области знаний в рутинной практике занимаются выявлением и анализом аминокислотных замен и посттрансляционного модифицирования белков, ассоциированных с развитием заболеваний. В конечном итоге результаты необходимы для создания медицинских диагностических панелей.

Организация: ИБМХ.

Руководитель работ: д.б.н. Кайшева А.Л., руководитель группы биобанкинга

Авторы: Петровский Д.В., к.ф.-м. н. Куликова Л.И., к.б.н. Мальсагова К.А., Руднев В.Р., Никольский К.С., к.б.н. Копылов А.Т., д.б.н. Кайшева А.Л.

Публикации:

Petrovsky D.V., et al. Modeling Side Chains in the Three-Dimensional Structure of Proteins for Post-Translational Modifications // International Journal of Molecular Sciences, 2023, 24(17), 13431

Результаты интеллектуальной деятельности: № 2023684274 «Программа поиска и выравнивания белковых структур с использованием нейронной сети и структурного алфавита» от 14 ноября 2023 г.; № 2023654331 «Программа моделирования аминокислотных замен и посттрансляционных модификаций в трехмерных структурах белков» от 14 ноября 2023 г.

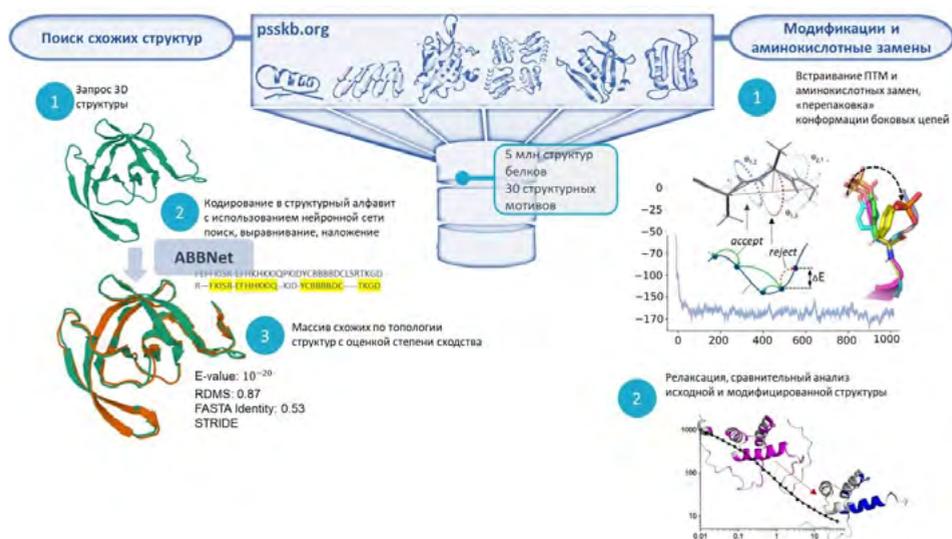


Рис. 107. Создание базы данных структуры белков

## 2. Технология раннего обнаружения и идентификации патогенных биологических агентов

Научная новизна: собственная разработка ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии, в т.ч. ключевых компонентов реакции, таких как ферменты и олигонуклеотиды. Наборы реагентов на основе петлевой изотермической амплификации (LAMP) для диагностики социально значимых, природно-очаговых и других инфекционных заболеваний позволяют в течение 25–30 мин выявлять ДНК/РНК исследуемого патогена, что примерно в 3–4 раза быстрее существующих ПЦР-тестов, время реакции которых составляет около 1,5–2 ч. Сама технология разработана достаточно давно, но широко не применялась в связи с достаточно высокой СТОИМОСТЬЮ в сравнении с ПЦР-тестами. Удалось масштабировать данную технологию, сохранив стоимость на уровне ПЦР-тестов.

Организация: ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора.

Авторы: академик РАН Акимкин В.Г., Петров В.В., Красовитов К.В., Анисимова Д.А., Беликова А.В., Верещагина Н.В., Шустова М.И., Обухова Е.А., Клочихина Е.С., Мороз Ю.В., Борисова Е.С.

Разработка технологий раннего обнаружения и идентификации патогенных биологических агентов

ФБУН Центральный НИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора



**Петлевая изотермическая амплификация (LAMP):**

- **Скорость** – время амплификации **25-30 мин**
- **Высокая специфичность** выявления ДНК и РНК
- **Предел обнаружения** на уровне ПЦР-тестов
- **Цена** благодаря собственной разработке сопоставима с ПЦР
- Более простое оборудование, перспектива создания полевых тестов и «у постели больного»

ФБУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора успешно масштабировал технологию LAMP: общий объем выпущенных реагентов для SARS-CoV-2 составил почти **3 млн исследований**.

На конец 2023 года **РАЗРАБОТАНО И ВНЕДРЕНО В ПРОИЗВОДСТВО 14 НАБОРОВ РЕАГЕНТОВ** (количество РУ – 3, на регистрации – 4) для выявления различных инфекций: SARS-CoV-2 (в т.ч. одновременно по 2 генам), гриппа А, гриппа В, туберкулеза, MRSA, сальмонеллы, вируса кори, *Candida auris*, *Aspergillus niger*, малярии, вируса гепатита В и С.

**ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ** → **НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЛИДЕРСТВО**



Рис. 108. Разработка технологии раннего обнаружения и идентификации патогенных биологических агентов

### 3. Создание прототипа универсальной гриппозной вакцины на основе штаммов отечественной лицензированной живой гриппозной вакцины (Рис. 109)

В рамках разработки стратегии по созданию универсальной гриппозной вакцины на основе штаммов отечественной лицензированной живой гриппозной вакцины в 2023 году создан прототип на основе гемагглютинина штамма А/PR/8/34, имеющий дополнительную вставку фрагмента М2е7-16 в антигенном сайте его глобулярного домена. Была проведена детальная оценка иммуногенных и кросс-протективных свойств сконструированного прототипа универсальной живой гриппозной вакцины. В экспериментах на мышах было показано, что рекомбинантный вакцинный штамм PR8+M2е стимулирует выработку М2е-специфических антител при интраназальной иммунизации, которые обеспечивают перекрестную защиту в отношении антигенно-удаленных вирусов гриппа других подтипов.

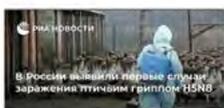
Организация: ФГБНУ «ИЭМ».

Авторы: д.м.н. проф. Руденко Л.Г., д.б.н. чл.-кор. РАН Исакова-Сивак И.Н.



Отдел вирусологии имени академика РАНН А.А. Смородинцева ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»/Лаборатория иммунологии и профилактики вирусных инфекций. Руководитель работы – д-р мед. наук, проф. э.д.н РФ Л.Г. Руденко, ответственный исполнитель – д-р биол. наук., чл.-корр. РАН И.Н. Исакова-Сивак

## Разработка живой гриппозной вакцины против высокопатогенного вируса гриппа H5N1 и H5N8



Клайд 2.3.4.4.b

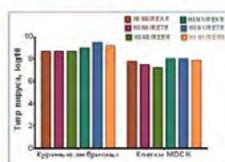


Рис.1. Вспышка, вызванная вирусом гриппа птиц H5N8, среди работников птицефабрики в Астраханской обл.



Рис.2. Варианты модификации клайда: сайта молекулы геммагглютинаина для конструирования вакцинных штаммов живой гриппозной вакцины H5N8 и H5N1

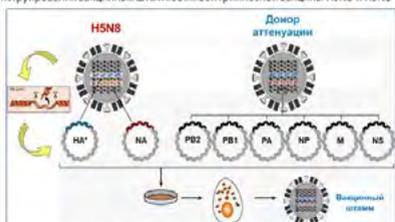


Рис.2. Схема конструирования вакцинных штаммов живой гриппозной вакцины H5N8 и H5N1

Перечень отечественных живых гриппозных вакцин против пандемических и потенциально-пандемических вирусов гриппа			
Вакциный штамм	Подтип	Родительский вирус	Стадия разработки
A/17/Уганде/09/09	H5N2	A/уна/Голландия/1402/09 (H5N2)	Вакцина конструирована в РФ
A/17/Камбоджа/2009/08	H5N1	A/Камбоджа/02/2009 (H5N1)	Вакцина конструирована в РФ, Лаос, Таиланд
A/17/Тамань (Уфа, Республика Башкортостан) 09/09	H5N1	А/уна (уна/Индонезия/12/2009) (H5N1)	Завершена 1 фаза клинических испытаний
A/17/Тамань/Тамань/09/09	H5N2	A/уна/Италия/10095 (H5N2)	Завершена 2 фаза клинических испытаний
A/17/Камбоджа/16/05	H5N1	A/Камбоджа/16/05 (H5N1)	Завершена 1 фаза клинических испытаний
A/17/Анкара/2013/04	H7N9	A/уна/12/01/13 (H7N9)	Завершена 1 фаза клинических испытаний
A/17/Тамань/2013/02	H7N9	A/уна/Италия/17/03/13 (H7N9)	Проведены доклинические исследования
A/17/Тамань/2013/03/08	H7N9	A/уна/Италия/13/03/13 (H7N9)	Завершена 1 фаза клинических испытаний

Рис. 109. Разработка живой гриппозной вакцины нового поколения

## 4. Создана система, позволяющая установить молекулярный механизм патогенеза генетически обусловленной эпилепсии (Рис. 110)

Эпилепсия является социально значимым заболеванием, новые подходы к диагностике ее причин и разработка инновационных методов лечения вносят значительный вклад в систему оказания помощи пациентам. Самая частая причина генетически обусловленной эпилепсии – патогенные варианты в гене SCN1A. Сотрудники МГНЦ имени академика Н.П. Бочкова сосредоточились на исследовании вариантов, влияющих на сплайсинг (один из этапов процессинга РНК), и разработали экспрессионную систему на основе плазмид, экспрессирующих минигены. Данная система покрывает все белок-кодирующие экзоны гена SCN1A и позволяет не только подтверждать патогенность уже известных вариантов, но также в будущем подтверждать патогенность новых вариантов, которые на сегодняшний день в литературе не описаны. В ходе работы исследовали 95 вариантов гена SCN1A. Это одна из самых больших выборок в мире. Из них 68 интронных вариантов, 21 вариант – экзонные, которые уже были описаны в мировой литературе, а также 6 новых, не описанных ранее вариантов, которые специалисты МГНЦ выявили у российских пациентов. Усовершенствованная система позволила подтвердить диагноз во всех случаях. Кроме того, система позволила установить, что 20% интронных вариантов, которые ранее описывались как влияющие на сплайсинг, на самом деле не оказывают на него влияния.

Полученные данные крайне важны для корректного медико-генетического консультирования пациентов, у которых данные варианты могут быть выявлены в ходе ДНК-диагностики. Полученные данные о молекулярном механизме нарушения сплайсинга в гене SCN1A крайне важны для разработки в будущем патогенетических лекарственных препаратов.

Организация: ФГБНУ «Медико-генетический научный центр имени академика Н.П. Бочкова».

Авторы: Спарбер П.А., Шарова М.В., Давыденко К.А., Филатова А.Ю., Скоблов М.Ю.

*Публикации:*

Sparber P., et al. Deciphering the impact of coding and non-coding SCN1A gene variants on RNA splicing. Brain (2023): awad383. (Q1, IF 14.5)

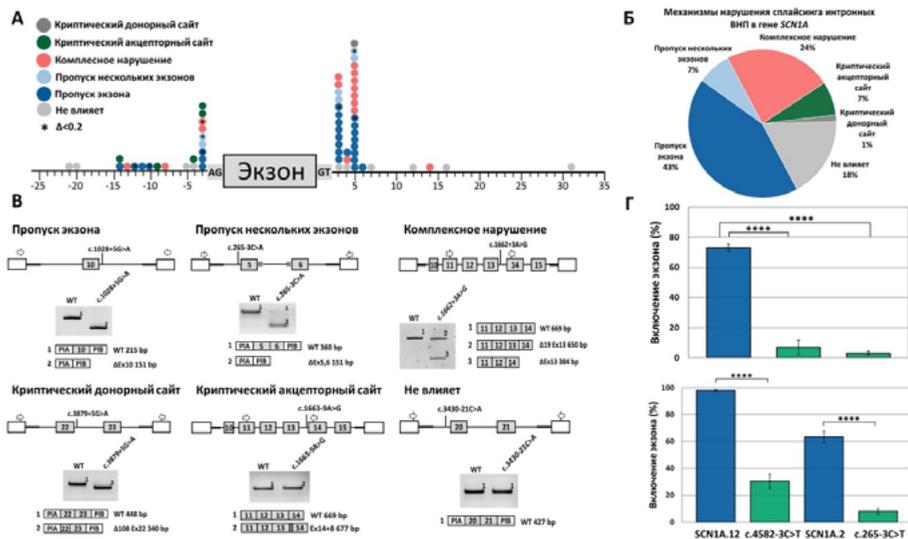


Рис. 110. Механизм патогенеза генетически обусловленной эпилепсии

## 5. Расширение функционала платформы VGARus на множество возбудителей социально значимых и особо опасных инфекций

Платформа VGARus важный инструмент в борьбе с COVID-19 и другими инфекциями, содержащая более 300 тысяч геномных последовательностей патогенов. Она помогает обнаруживать новые варианты вирусов, разрабатывать диагностические инструменты и вакцины, а также формировать политику в области здравоохранения. VGARus даёт понимание динамики пандемии и эволюции вирусов в России, способствуя прогнозированию эпидемиологических тенденций. Платформа, изначально созданная для изучения геномов SARS-CoV-2, в настоящее время расширяет свой фокус и включает в себя сбор и аналитическую обработку данных по геномам различных возбудителей инфекционных заболеваний, включая вирусы, вызывающие грипп, гепатиты, корь и др. Это расширяет её применение в области эпидемиологического мониторинга за инфекционными заболеваниями. Помимо этого, на платформе разрабатываются новые биоинформационные решения для усовершенствования методов анализа и мониторинга инфекций.

Организация: ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора.

Авторы: академик РАН Акимкин В.Г., Хафизов К.Ф., Аглетдинов М.Р., Пересадина А.В., Чанышев М.Д., Роев Г.В.



Постановления Правительства Российской Федерации:  
№448 от 23.03.2021 г.; №2178 от 02.12.2021 г.; №2395 от 23.12.2022 г.



Рис. 111. Платформа VGARus важный инструмент в борьбе с COVID-19 и другими инфекциями

## 6. Программа реабилитации детей со сложными врожденными пороками сердца

Послеоперационная реабилитация имеет важное значение в обеспечении успеха хирургического лечения врожденных пороков сердца и сосудов у детей. Для решения этих задач в Центре активно работает Реабилитационный центр для детей с пороками сердца. В 2023 году разработана программа реабилитации для детей после операций по поводу коррекции аномального отхождения левой коронарной артерии. Обнаружение даже незначительных отклонений в функциональном состоянии миокарда в популяции пациентов с данным пороком имеет большое клиническое значение, а данная категория больных требует регулярного динамического наблюдения.

Программа включает в себя комплекс методов реабилитации, реализуемых в заданной последовательности: лазеротерапия, лечебная физкультура, галотерапия, психокорректирующие занятия с психологом. Способ обеспечивает улучшение функционального состояния сердечно-сосудистой системы и профилактику бронхолегочных осложнений за счет улучшения вентиляционных показателей.

Организация: НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России.

Руководитель: директор НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева академик РАН Голухова Е.З.

Соавторы: Кожушная К.А., Рогова Т.В., Заварина А.Ю.

Публикации:

Кожушная К.А., Рогова Т.В., Заварина А.Ю., Шведунова В.Н., Путято Н.А., Ермоленко М.Л. «Диагностические возможности в оценке отдаленных результа-

тов хирургического лечения аномального отхождения левой коронарной артерии от легочной артерии»// Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2023. Т. 102. № 1. С. 105-113.

Патент: Кожушная К.А., Рогова Т.В., Заварина А.Ю., Боос Д.А., Глушко Л.А., Шведунова В.Н. «Способ реабилитации детей в отдаленном периоде после хирургического лечения аномального отхождения левой коронарной артерии от легочной артерии». Патент на изобретение № 801967, 2023 г.



Рис. 112. Различные методы реабилитации

### **7. Система поддержки принятия врачебных решений (СППВР) для подбора персонализированной терапии у детей с сахарным диабетом (Рис. 113)**

Назначение:

Коррекция параметров инсулиновой помпы при лечении детей с сахарным диабетом 1 типа.

Основные характеристики:

- СППВР имеет веб-интерфейс и функционирует на базе рекуррентной нейронной сети (LSTM),
- СППВР отображает текущие профили глюкозы и параметры проводимой терапии для визуальной оценки,
- алгоритм анализирует профили глюкозы, текущую терапию и другие значимые показатели лечения и оптимизирует параметры помповой терапии для достижения наиболее оптимального распределения показателей глюкозы.

Результаты клинической апробации:

Степень полной или частичной согласованности рекомендаций СППВР с врачебными решениями составляет 80–90%.

Применение СППВР в клинической практике позволяет достигнуть снижения гликированного гемоглобина на 0,4%.

Организация: НМИЦ эндокринологии Минздрава России.

Авторы: академик РАН Дедов И.И., член-корреспондент РАН Мокрышева Н.Г., проф. РАН Лаптев Д.Н., академик РАН Пятёркова В.А., Сорокин Д.Ю., д.м.н. проф. Реброва О.Ю.

## СППВР для подбора персонализированной терапии у детей с сахарным диабетом

### Назначение

Коррекция параметров инсулиновой помпы при лечении детей с сахарным диабетом 1 типа

### Основные характеристики

- СППВР имеет веб-интерфейс и функционирует на базе рекуррентной нейронной сети (LSTM)
- СППВР отображает текущие профили глюкозы и параметры проводимой терапии для визуальной оценки
- Алгоритм анализирует профили глюкозы, текущую терапию и другие значимые показатели лечения и оптимизирует параметры помповой терапии для достижения наиболее оптимального распределения показателей глюкозы

### Результаты клинической апробации

- Степень полной или частичной согласованности рекомендаций СППВР с врачебными решениями составляет 80-90%
- Применение СППВР в клинической практике позволяет достигнуть снижения гликированного гемоглобина на 0,4%



Рис. 113. СППВР для подбора персонализированной терапии у детей с сахарным диабетом

## 8. Модель «мозг-на-чипе» для решения актуальных задач неврологии и нейрофармакологии

Сущность работы: создан прототип, не имеющей аналогов модели «мозг-на-чипе», реализованный как комплекс двух функционально сопряженных барьеров (гематоэнцефалического, гематоликворного) и клеток паренхимы головного мозга. Для разработки модели использованы технологии создания цифровых двойников клеток и мультиклеточных ансамблей, производства микрофлюидных чипов с оригинальной геометрией, синтеза новых гидрогелей и интеграции систем мониторинга состояния клеток головного мозга в состав модели. Модель позволяет учитывать и регулировать ключевые параметры динамики жидкостей в ткани головного мозга, условия формирования оптимального микроокружения для барьерогенеза и 3D-позиционирования клеток. В модели тестируются новые возможности регистрации и прогнозирования изменений жизнеспособности, функциональной активности, метаболической пластичности и коммуникации клеточных компонентов гистогематических барьеров мозга.

Перспективы: Создание двухбарьерной модели мозга (в формате чипа) имеет ключевое значение как для изучения фундаментальных механизмов работы головного мозга в норме и при патологии, так и персонализированной оценки фармакокинетических и фармакодинамических характеристик лекарств-кандидатов, ускорения скрининга новых молекул-мишеней и оптимизации доклинических исследований лекарственных соединений с нейротропной активностью.

Организации: ФГБНУ «Научный центр неврологии» совместно с МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Авторы: д.ф.-м.н. Юрченко С.О., к.т.н. Родионов И. А., к.ф.-м.н. Крючков Н.П., к.ф.-м.н. Яковлев Е.В. (МГТУ им. Н. Э. Баумана), академик РАН, д.м.н. профессор Иллариошкин С.Н., д.м.н. профессор Салмина А.Б. (ФГБНУ «Научный центр неврологии»).

*Публикация:*

A. B. Salmina et al., «Current progress and challenges in the development of brain tissue models: How to grow up the changeable brain in vitro?» (Journal of Tissue Engineering, Q1, IF= 8,2, принята в печать).



**Рис. 114.** Модель «мозг-на-чипе» для решения актуальных задач неврологии и нейрофармакологии

## **9. Дифференцировочная терапия – новый подход к лечению глиомы головного мозга человека**

На данный момент не существует эффективного способа лечения глиомы мозга человека. Все применяемые методы лечения направлены на цитотоксическое уничтожение опухолевых клеток, что приводит к торможению развития патологии. Авторами в экспериментах применена прямо противоположная стратегия – стимулирование «созревания» опухолевых клеток, что приводит к потере их пролиферативного потенциала. Принципиально новый подход к лечению глиомы («дифференцировочная терапия») основан на цитостатическом воздействии на опухолевые клетки направленно созданной молекулы (ДНК-аптамер (bi(AID-1-T)) в комбинации с молекулами-индукторами, управляющими каскадами нейрогенеза (SB431542, LDN-193189, Purmorphamine, BDNF). При временном торможении деления опухолевых клеток после воздействия аптамера, молекулы-индукторы способны направить дифференцировку клеток опухоли в зрелое состояние, прекращая пролиферацию по опухолевому типу. При этом, большинство опухолевых клеток после такого воздействия погибают по апоптотическому пути (регулируемый процесс программируемой клеточной гибели, который не вызывает воспалений), а непогибшие опухолевые клетки теряют свою злокачественность и дифференцируются в зрелое состояние. Дифференцировочная терапия эффективна и для опухолевых стволовых клеток глиомы, устойчивых к химиотерапии и лучевой терапии. Предложенный новый подход может кардинально изменить путь терапии глиомы, приводя к остановке роста опухоли и апоптозу клеток без некрозов и рецидивов.

Значимость: Лучевая терапия и химиотерапия приводят к некротической гибели значительный пул опухолевых клеток, но при этом устойчивые к терапии клетки вызывают рецидив заболевания, который более агрессивен по сравнению с исходной опухолью. При этом при лучевой терапии и химиотерапии страдают и клетки нормы (здоровые клетки организма). Дифференцировочная терапия предлагает не «убивать» опухолевые клетки, а стимулировать их к дифференцировке, что блокирует их злокачественные свойства.

Применение: Дифференцировочная терапия разрабатывается для лечения глиом разной степени злокачественности. На данный момент используется катетерное введение, и анализируется возможность системного введения (модели: крыса, мышь). При успешности исследований возможна разработка аналогичного принципа для других типов злокачественных опухолей.

Организации: НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, ИВНД и НФ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова.

Авторы: д.б.н. проф. РАН Павлова Г.В., Колесникова В.А., к.б.н. Самойленкова Н.С., Дрозд С.Ф., к.б.н. Ревещин А.В., Шамадыкова Д.В., академик РАН Усачев Д.Ю., д.х.н. проф. Копылов А.М.



**Рис. 115.** Концепция дифференцировочной терапии глиом головного мозга и ее успешная реализация в эксперименте на клеточных культурах и животных моделях

## **10. Возможности индивидуальной 3D печати и трехмерного прототипирования в замещении обширных дефектов костной ткани**

Методика хирургического лечения обширных дефектов проксимального отдела плечевой кости с использованием индивидуальных имплантов, напечатанных при помощи 3D принтера, начала внедряться в работу кафедры военной травматологии и ортопедии с июля 2023 года. На сегодняшний момент происходит подготовка к изданию публикаций по предложенному методу хирургического лечения. Применение боеприпасов объемного взрыва, боеприпасов со стреловидными элементами, шариковыми наполнителями обуславливает многофакторность поражений организма человека, влекущую развитие коммоционно-контузионного синдрома, приводит к возникновению обширных дефектов мягких тканей, протяженных костных дефектов. На сегодняшний день при сохранении кровоснабжения и иннервации конечности возможно восполнение костных дефектов вторым этапом лечения после восстановления покровных тканей и элиминации инфекционных агентов. Одним из наиболее часто используемых методов реконструкции дефектов костной ткани после ранения является пластика костным аутооттрансплантатом в свободной форме или на питающей ножке. Интенсивно развивающаяся область аддитивных технологий, а именно трехмерное прототипирование и 3D печать индивидуальных титановых имплантов способна предложить новые возможности в фиксации костных отломков и костных трансплантатов, влияющие на процесс ремоделирования трансплантатов, скорость выполнения оперативного вмешательства и восстановление функции конечностей.

Разработанный в Военно-медицинской академии способ замещения костного дефекта с применением трехмерного прототипирования и индивидуальной пластины из никелида титана позволяет сохранить конечность с удовлетворительным функциональным результатом.

Представленный на Рис. 116 клинический случай с обширным дефектом мягких тканей плеча и надплечья, дефектом костной ткани плечевой кости и множественным переломом лопатки исключал эндопротезирование плечевого сустава, а восполнение костного дефекта с помощью стандартизированных пластин не представлялось возможным. Применение трехмерного прототипирования и индивидуальной пластины из никелида титана позволило прочно установить костный аутооттрансплантат, обеспечив условия его ремоделирования, при этом срок операции не превысил 2,5 часов; сохранить верхнюю конечность с удовлетворительной функцией. Показано, что трехмерное прототипирование позволяет спланировать операционный процесс и значительно сократить время операции. Изготовленный имплант из никелида титана с помощью 3D печати позволил учесть сложную конфигурацию положения отломков лопатки, аутооттрансплантата и дистального отдела плечевой кости и выполнить их остеосинтез безопасно, прецизионно и быстро.

Организация: ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова» Минобороны России.

Авторы: д.м.н., профессор, полковник м/с Хомянец В.В., Волков Д.А.

Дефект мягких тканей правого плеча и надплечья размером 15,0х26,0 см, дефект двух третей правой плечевой кости  
Ранение в ходе СВО



Вид раны на при поступлении.



Костный дефект: рентгенография



Замещение дефекта мягких тканей



Модель пластины для артродеза плечевого сустава



Установка пластины, фиксация дистального отломка плеча, костного аутотрансплантата и отломков правой лопатки.



Рентгенография через 2 месяца после операции.

**Рис. 116.** Изготовленный имплант с помощью 3D печати позволил установить костный аутотрансплантат, сохранить верхнюю конечность, учесть сложную конфигурацию положения отломков лопатки, аутотрансплантата и дистального отдела плечевой кости, выполнить их остеосинтез безопасно, прецизионно и быстро

## 11. Оценка эффективности применения ФУЗ с МРТ навигацией в лечении резистентного тремора при болезни Паркинсона и эссенциальном треморе

Научная новизна: для коррекции резистентного тремора при болезни Паркинсона (БП) и эссенциальном треморе (ЭТ) совсем недавно в мире была предложена новая методика – фокусированный ультразвук под контролем МРТ (ФУЗ-МРТ). С помощью этого метода осуществляется термодеструкция таргетной мишени – Vim ядра таламуса. Его преимущества – малоинвазивность, отсутствие имплантируемых устройств, наркоза, риска инфекционных осложнений и кровотечений, мгновенный эффект, высокая точность формирования деструктивных очагов (до 1 мм), возможность контроля точности и степени воздействия в режиме реального времени (МРТ-термография).

Практическое применение: авторами проведена односторонняя таламотомия методом ФУЗ с МРТ навигацией у 31 больного с БП и у 14 больных с ЭТ. Результаты наблюдения за пациентами показали высокую эффективность метода в отношении коррекции тремора как у больных с БП, так и при ЭТ (Рис. 117). После операции у всех больных отмечалось выраженное снижение тремора на 80–100%. У больных с БП отмечалось также уменьшение выраженности гипокинезии и ригидности. Результаты 1,5 годового наблюдения за пациентами показали стойкость достигнутого эффекта в отношении тремора при ЭТ. К концу полуторогодового наблюдения у 11 из 27 больных (8 – с БП, 3 – с ЭТ) (40,7%) отмечалось полное отсутствие тремора, у 11 больных (8 – с БП и 3 – с ЭТ) (40,7%) частичный регресс, у 5 больных с БП (18,6%) тремор возобновился в прежнем объеме. Следует отметить, что в отличие от DBS отсутствовало негативное влияние на когнитивные функции, не отмечалось ухудшение тревожно-депрессивных расстройств.

Качество жизни пациентов существенно улучшалось. Метод обладает высокой степенью безопасности. Побочные явления в ранний послеоперационный период отмечались у 16 пациентов из 45 больных (35,5%) и были представлены онемением и парестезиями в области рта и языка, легкой дизартрией, неустойчивостью, минимальным гемипарезом, побочные эффекты прошли к 3 месяцу наблюдения.

Организации: ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» ФМБА России, РНИМУ им. Н.И. Пирогова.

Авторы: Катунина Е.А., чл.-кор. РАН Мартынов М.Ю., Шипилова Н.Н., Малахихина Е.А., Иванова М.З., Титова Н.В., Сенько И.В., Джафаров В.М., Долгушин М.Б., Гумин И.С., Белоусов В.В., Таирова Р.Т.



**Рис. 117.** Лечение резистентного тремора при болезни Паркинсона и эссенциальном треморе с применением технологии фокусированного ультразвука с МРТ навигацией, на рис.: 1 – апертура МР-томографа, 2 – трансдюсер, 3 – мембрана, ограничивающая полость, заполненную холодной дегазированной водой, 4 – стереотаксическая рама, 5 – система позиционирования

## **12. Опыт лечения ингибиторами интерлейкина-1 детей и взрослых при ультраредком аутовоспалительном заболевании CINCA/NOMID**

Обобщён 15-летний опыт применения ингибиторов интерлейкина-1 (ИЛ-1) (анакинра, канакинумаб) у детей с орфанным (частота 1:1 млн, в мире описано около 100 случаев) моногенным аутовоспалительным заболеванием, ассоциированным с мутацией в гене NLRP3 – CINCA/NOMID, являющимся одним из самых тяжелых вариантов криопирин-ассоциированного периодического синдрома (CAPS), ведущим к гибели в молодом возрасте. Терапию получали 8 пациентов (7 мужского пола) в возрасте от 10 месяцев до 33 лет, положительный эффект был получен у всех пациентов, который выражался в уменьшении или полном отсутствии лихорадки, сыпи и органных нарушений со стороны центральной нервной системы, нейросенсорной тугоухости, суставов, глаз и почек. Установлено, что пациенты с CINCA/NOMID имеют тяжелое течение и плохой прогноз и нуждаются в раннем назначении ингибиторов ИЛ-1, которые показаны в качестве терапии первой линии при любых вариантах CAPS. Препарат анакинра предпочтителен при CINCA/NOMID с вовлечением ЦНС или других органных нарушениях, оставании в развитии, что связано с возможностью его проникновения через гематоэнцефалический барьер. В дальнейшем возможен перевод пациентов на препарат канакинумаб.

Организация: НИИ ревматологии им. В.А. Насоновой.

Руководитель проекта: заведующий лабораторией ревматических заболеваний детского возраста, к.м.н. Никишина И.П.

## Важнейшие научные результаты 2023 года, получившие наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости:

### 1. Государственная премия в области науки и технологий за цикл фундаментальных и прикладных работ по разработке и внедрению в практику перинатологии, онкологии и репродуктивной медицины персонализированных методов диагностики, профилактики и терапии (Рис. 118.)

Впервые в России разработаны уникальные методы молекулярной диагностики, позволяющие на самой ранней стадии выявлять риски осложнений беременности и принимать меры для рождения здорового ребенка; применены для лечения онкологических заболеваний уникальные методы эпигенетики на основе отечественных препаратов; проведена работа по изучению механизмов индивидуальной генетической предрасположенности к различным заболеваниям и репродуктивным нарушениям; созданы высокоэффективные тест-системы для выявления индивидуальных генотипических особенностей пациентов, системы для анализа сложных микробиологических сообществ и оценки статуса локального иммунного ответа человека.

Организация: НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова Минздрава России.

Руководитель Организации: академик РАН Сухих Г.Т.

Лауреаты премии: академик РАН Г.Т. Сухих, академик РАН Ашрафян Л.А., член-корреспондент РАН Трофимов Д.Ю..

**Указ Президента РФ «О присуждении Государственных премий в области науки и технологий 2022 года» от 09.06.2023 г. № 404**

**ФГБУ «НМИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» Минздрава России**

Присуждена Государственная премия РФ в области науки и технологий за цикл фундаментальных и прикладных работ по разработке и внедрению в практику перинатологии, онкологии и репродуктивной медицины персонализированных методов диагностики, профилактики и терапии академику РАН **Г.Т. Сухих**, академику РАН **Л.А. Ашрафяну**, члену-корреспонденту РАН **Д.Ю. Трофимову**.

- Разработаны уникальные методы молекулярной диагностики, позволяющие на самой ранней стадии выявлять риски осложнений беременности и принимать меры для рождения здорового ребенка
- Применены для лечения онкологических заболеваний уникальные методы эпигенетики на основе отечественных препаратов, которые помогают убрать эпигенетические метки, ведущие к развитию онкологических заболеваний репродуктивных органов
- Проведена большая работа по изучению механизмов индивидуальной генетической предрасположенности к различным заболеваниям и репродуктивным нарушениям
- Созданы высокоэффективные тест-системы для выявления индивидуальных генотипических особенностей пациентов, системы для анализа сложных микробиологических сообществ и оценки статуса локального иммунного ответа человека

Созданные разработки и оригинальные решения имеют важное государственное значение для решения задач в области инновационных технологий диагностики и терапии наиболее значимых заболеваний в репродукции человека, в перинатологии и онкологии.

Рис. 118

## 2. Государственная премия в области науки и технологий за научное обоснование и внедрение в клиническую практику концепции минимально инвазивного хирургического лечения онкологических заболеваний органов брюшной полости и забрюшинного пространства

Авторским коллективом впервые в отечественном здравоохранении научно обоснована концепция широкого практического применения минимально инвазивных хирургических способов в лечении пациентов с онкологическими заболеваниями органов брюшной полости и забрюшинного пространства. Авторский коллектив определил новую парадигму научно обоснованного внедрения в практику комплексного лечения пациентов с опухолевым поражением органов брюшной полости и забрюшинного пространства с помощью минимально инвазивных интервенционных, эндоскопических, роботических и трансплантационных хирургических технологий (Рис. 119 – Рис. 121). Подтверждением реализации разработанной концепции служит увеличение доли высокотехнологичных лапароскопических операций в онкохирургических клиниках Москвы с 18,5% в 2015 г. до 63,1% в 2021 г. и рост количества роботических операций с 614 в 2015 г. до 1465 в 2021 г.

Концентрация пациентов в специализированных высокопоточковых центрах позволила достигнуть эффективного применения минимально инвазивных технологий в лечении более 80% всех пациентов с опухолевыми заболеваниями органов брюшной полости и забрюшинного пространства с минимумом осложнений и своевременным началом химиотерапии. Реализация на практике концепции научно обоснованного применения минимально инвазивных технологий в лечении онкологических заболеваний органов брюшной полости и забрюшинного пространства позволила снизить показатели летальности, положительно повлияла на качество жизни пациентов, предоставила возможность вернуть значительную их часть к активной социальной и трудовой жизни, что имеет большое медицинское и социально-экономическое значение.

Организация: Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы.

Лауреаты премии: академик РАН Пушкарь Д.Ю., академик РАН Хатьков И.Е., академик РАН Шабунин А.В.

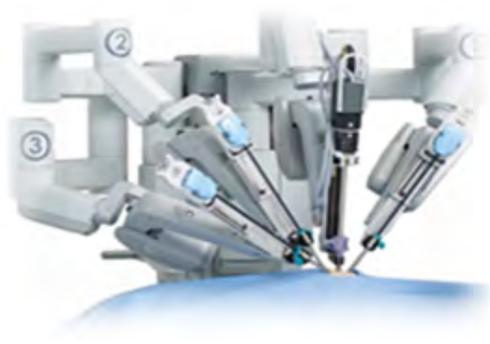


Рис. 119. Роботическая система



Рис. 120. Лапароскопические технологии



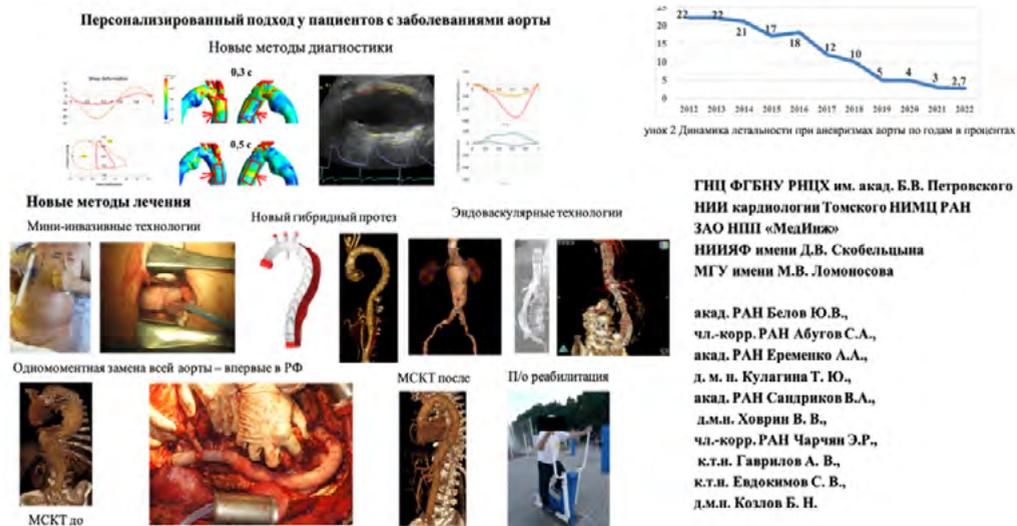
Рис. 121. Эндоскопический центр Москвы

### **3. Присуждение премии Правительства Российской Федерации 2023 года в области науки и техники – за разработку и внедрение в широкую медицинскую практику новых методов хирургического лечения и диагностики пациентов с критическим состоянием при патологии аорты и сердца**

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 ноября 2023 года №3318-р «О присуждении премий Правительства Российской Федерации 2023 года в области науки и техники» присуждена премия Правительства Российской Федерации 2023 года в области науки и техники. В рамках работы внедрен в широкую медицинскую практику персонализированный подход у пациентов с заболеваниями аорты, который основан на использовании новых методов диагностики (векторного картирования, математического моделирования кровотоков и т.д.), новых методов хирургического лечения (мини-инвазивных, эндоваскулярных и гибридных технологий) и новых алгоритмов послеоперационной реабилитации (Рис. 122). Разработан и внедрен в широкую клиническую практику новый отечественный гибридный протез «Мягкий хобот слона». Впервые в Российской Федерации разработана и внедрена в клиническую практику технология одномоментной замены всей аорты.

Организации: РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, НИИ кардиологии Томского НИМЦ РАН, ЗАО Научно-производственное предприятие «МедИнж» (НПП «МедИнж»), НИИЯФ МГУ.

Лауреаты премии: академик РАН Белов Ю.В., член-корреспондент РАН Абугов С.А., академик РАН Еременко А.А., д.м.н. Кулагина Т.Ю., академик РАН Сандриков В.А., д.м.н. Ховрин В.В., член-корреспондент РАН Чарчян Э.Р., к.т.н. Гаврилов А.В., к.т.н. Евдокимов С. В., д.м.н. Козлов Б.Н.



**Рис. 122.** Присуждение премии Правительства Российской Федерации 2023 года в области науки и техники за разработку и внедрение в широкую медицинскую практику новых методов хирургического лечения и диагностики пациентов с критическим состоянием при патологии аорты и сердца

#### **4. Премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники – за разработку инновационной национальной системы этапной нейрореабилитации реанимационных пациентов с тяжелым повреждением головного мозга на основе индивидуальной маршрутизации (Рис. 123)**

Разработан и реализован чёткий маршрутный алгоритм ранней нейрореабилитации пациентов, нуждающихся в протезировании жизненно важных функций.

Впервые были валидированы межведомственные и разноуровневые методы эвакуации, спасения и восстановления пациентов в критическом состоянии. Впервые для данной категории пострадавших был обобщён и систематизирован опыт специализированных организаций Минобрнауки России, Минздрава России, Минобороны России, ФМБА и регионов страны.

Разработаны и внедрены технологии этапного спасения и восстановления пациентов с мозговыми катастрофами на примере 10 000 клинических случаев.

Достигнута экономическая эффективность внедрённых организационно-клинических алгоритмов.

Организации: ФНКЦ РР.

Лауреаты Премии: руководитель работы: директор ФНКЦ РР член-корреспондент РАН А.В. Гречко. Коллектив: д.м.н. А.Н. Кузовлев, профессор М.В. Петрова, академик РАН С.Н. Пузин, профессор Г.Е. Иванова, к.м.н. А.А. Яковлев, к.э.н. Д.Ф. Алиев, профессор Е.Е. Ачкасов, профессор А.А. Белкин, к.м.н. Т.Ю. Сафонова.



Присуждение Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники 2023 года

«Разработка и внедрение инновационной национальной системы этапной нейрореабилитации реанимационных пациентов с тяжелым повреждением головного мозга на основе индивидуальной маршрутизации»

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (ФНКЦ РР)

**Лауреаты Премии:**

Руководитель работы: **А.В. Гречко**, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФНКЦ РР

Коллектив: д.м.н. **А.Н. Кузовлев**, профессор **М.В. Петрова**, академик **С.Н. Пузин**, профессор **Г.Е. Иванова**, к.м.н. **А.А. Яковлев**, к.э.н. **Д.Ф. Алев**, профессор **Е.Е. Ачкасов**, профессор **А.А. Белкин**, к.м.н. **Т.Ю. Сафонова**.

**За короткое время в ФНКЦ РР была проделана уникальная работа:**

- Разработаны и реализованы четкий маршрутный алгоритм ранней нейрореабилитации пациентов, нуждающихся в протезировании жизненно важных функций.
- Внедрены более 100 инновационных межведомственных и разрозненных методов эвакуации, спасения и восстановления пациентов в критическом состоянии. Вероятно для данной категории пострадавших был обобщен и систематизирован опыт специализированных организаций Минобрнауки России, Минздрава России, Минобороны России, ФМБА и регионов страны.
- Разработаны и внедрены технологии этапного спасения и восстановления пациентов с пострадавшими катастрофами на примере 10000 клинических случаев.
- Достигнута экстремально высокая эффективность внедренных организационно-клинических алгоритмов.



**Рис. 123.** Присуждение премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за разработку инновационной национальной системы этапной нейрореабилитации реанимационных пациентов с тяжелым повреждением головного мозга на основе индивидуальной маршрутизации

## 5. Прогнозирование развития септического шока (Рис. 124)

*Результаты.* Учет генетической предрасположенности к развитию септического шока может помочь своевременно выработать тактику профилактики и лечения, снижения риска летального исхода. Авторы установили роль генетической вариабельности пациентов в механизмах критического состояния и выявлении пациентов высокого риска развития септического шока. Цель этапа исследования была достигнута с помощью использования комбинации вариабельных, функционально связанных и патогенетически значимых для развития септического шока биомаркеров – (а) количественного содержания в плазме сосудосуживающего пептидного гормона ангиотензина II и (б) вариантов аллелей однонуклеотидного полиморфизма rs275651 гена его рецептора, AGTR1.

*Значимость.* Результаты показали, что при сепсисе носители генотипа ТТ гена AGTR1 (rs275651) обладают наиболее высоким риском развития септического шока при условии выявления у таких носителей содержания ангиотензина II менее 200 пг/мл в плазме крови. Повышенное содержание ангиотензина II защищало пациентов предрасположенного генотипа ТТ к развитию угрожающего жизни критического состояния. Использование в медицине критических состояний генотипирования AGTR rs275651 может помочь при персонализации вазопрессорной поддержки и экстракорпоральных методов лечения септического шока.

Организации: ФНКЦ РР.

Авторы: член-корреспондент РАН Гречко А.В., д.м.н. Кузовлев А.Н., д.м.н. Писарев В.М., к.б.н. Чумаченко А.Г., к.м.н. Гапонов А.М., к.б.н. Ильичев А.В., Фетлам Д.Л., Григорьев Е.К.

## Публикации:

V. M. Pisarev, A. G. Chumachenko, A. V. Ilyichev, E. K. Grigoriev, A. A. Tarlycheva, A. M. Gaponov, A.V. Grechko. Combination of an AGTR1 rs275651 polymorphism and plasma angiotensin II level as a pathogenic binary candidate biomarker to predict outcome in sepsis. Intensive Care Medicine Experimental, 2023; 11(Suppl 1): 484 (Scopus). <https://doi.org/10.1186/s40635-023-00546-y>. Доложено на ESICM LIVES 2023 – Конгрессе Европейского общества медицины интенсивного лечения, Милан, Италия, 22.10.2023. <http://icm-experimental.springeropen.com>

Писарев В.М., Чумаченко А.Г., Гапонов А.М., Ильичев.А.В., Е.К. Григорьев, Фетлам Д.Л., Гречко А.В. “Способ прогнозирования риска развития септического шока”, приоритетный № 2023124242 от 20.09.23, положительное решение Роспатента от 05.10.23 о выдаче патента Российской Федерации.

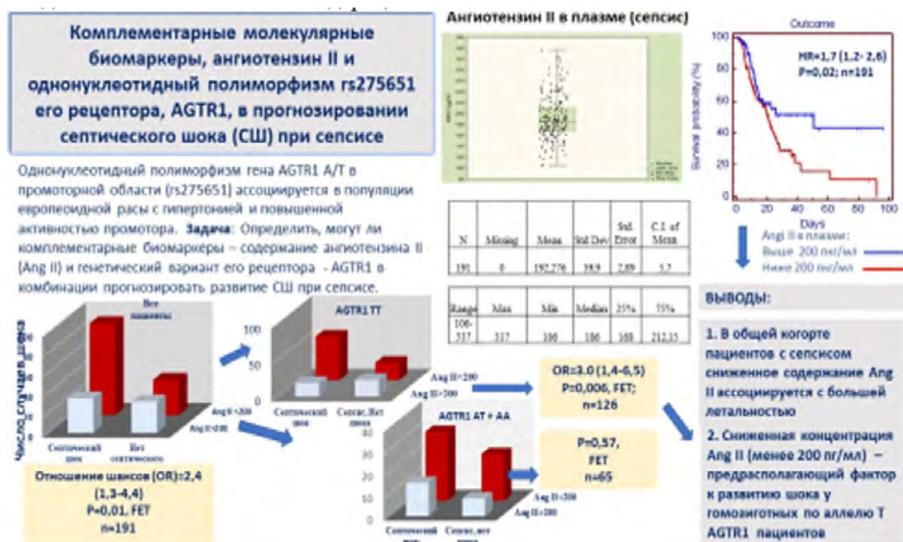


Рис. 124. Прогнозирование развития септического шока

## 6. Концепция персонализации лечения фибрилляции предсердий у больных сахарным диабетом

При реализации стратегии, направленной на переход к персонализированной медицине, разработана научная концепция персонализации лечения фибрилляции предсердий (ФП) как элемента профилактики сердечно-сосудистых осложнений у больных сахарным диабетом (Рис. 125). Необходимость разработки специализированных стратегий диагностики и лечения ФП для больных сахарным диабетом (СД) обусловлена частым бессимптомным течением данной аритмии при СД и, как следствие, тенденцией к хронизации процесса, ассоциированного с высоким риском инвалидизации и смертности вследствие декомпенсации хронической сердечной недостаточности и развития инсульта.

Предложенная методология дифференцированного подхода к определению способа и этапности лечения, позволяет уточнить показания к хирургическому

лечению ФП у больных СД и выбрать наиболее оптимальный метод вмешательства. Для разработки данной концепции изучены данные:

- об электрофизиологии миокарда;
- патогенезе нарушений диастолической функции сердца с учетом клинико-морфологических критериев;
- особенностей течения заболевания в различные возрастные периоды;
- непосредственные и отдаленные результаты лечения.

Организации: НМИЦ эндокринологии Минздрава России.

Авторы: член-корреспондент РАН Мокрышева Н.Г., член-корреспондент РАН Калашников В.Ю., академик РАН Шестакова М.В.



Рис. 125. Персонализация лечения фибрилляции предсердий у больных сахарным диабетом

## Научные результаты в 2023 году, получившие наивысшую оценку инновационного потенциала, с указанием возможных сфер применения

**1. Мультиплексные праймерные панели для выявления, амплификации и последующего секвенирования различных вирусных, бактериальных, грибковых патогенов (Рис. 126)**

Научная новизна: Эта технология представляет собой сочетание двух методов: полимеразной цепной реакции (ПЦР) и секвенирования нового поколения (NGS). Она используется для детального анализа генома патогенов инфекционных заболеваний, например, вирусов, вызывающих острые респираторные инфекции. ПЦР применяется для амплификации специфических регионов ДНК патогена. Это позволяет получить достаточное количество материала для последующего анализа. Затем вступает в игру NGS-секвенирование нового поколения. Этот ме-

тод позволяет провести детальное секвенирование умноженных участков ДНК.

Практическое применение: таким образом, возможно изучать конкретные мутации в геноме патогена, которые влияют на его свойства, такие как способность передаваться от человека к человеку и устойчивость к антибиотикам. Эта комбинация технологий играет ключевую роль в эпидемиологическом мониторинге. Она позволяет быстро и точно идентифицировать различные патогены, что особенно важно при распространении инфекционных заболеваний. Также эта технология обеспечивает основу для выбора и корректировки терапевтического вмешательства, позволяя разрабатывать более целенаправленные методы лечения.

Организация: ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора.

Авторы: Хафизов К.Ф., Аглетдинов М.Р., Пересадына А.В., Чанышев М.Д., Роев Г.В.



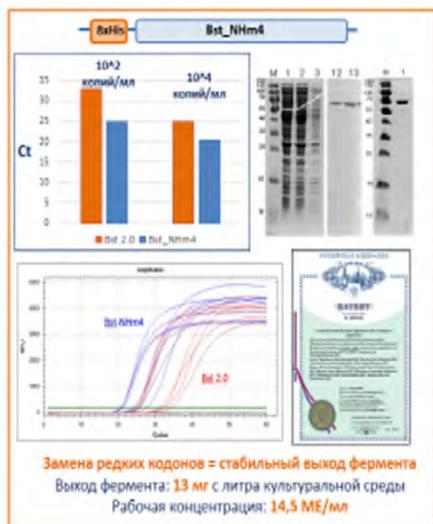
Рис. 126. Мультиплексные праймерные панели для выявления, амплификации и последующего секвенирования различных вирусных, бактериальных, грибковых патогенов

## 2. Получение и производство рекомбинантных ферментов для молекулярной диагностики

Опыт ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора по разработке и промышленному производству ферментов для молекулярной диагностики обеспечивает базис для разработки новых препаратов для развития различных МАИ4К (метод амплификации нуклеиновых кислот) и других молекулярно-биологических методов. Собственная ферментная база является условием технологической независимости в области современной биотехнологии. Методы рационального дизайна позволяют получать новые ферменты с заданными свойствами (Рис. 127).

Организация: ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора.

Авторы: академик РАН Акимкин В.Г., Черкашина А.С., Михеева О.О., Пика М.И., Соловьева Е.Д.



- Во ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора в промышленном масштабе производится **пять различных типов ферментов**:
  - Taq-полимераза для ПЦР-диагностики
  - MMLV-ревертаза для обратной транскрипции
  - Bst-полимераза для изотермической амплификации
  - UDG – урацил-ДНК гликозилаза
  - протеиназа К для выделения нуклеиновых кислот
- Производство ферментов обеспечивает выпуск от **300 до 900 тыс. наборов реагентов в год**
- Реализовано **производство замкнутого цикла** от разработки конструкции и клонирования гена фермента до **получения препарата в промышленном объеме**
- Оптимизация структуры гена **Bst-полимеразы** позволила стабилизировать выход фермента и **увеличить его удельную активность**.
- Полученный препарат по своим характеристикам **не уступает ферменту Bst 2.0** фирмы NEB, а по цене – **в 50 раз дешевле!**
- В коллекции клонированных ферментов еще **6 различных видов** для методов изотермической амплификации (быстрые тесты)

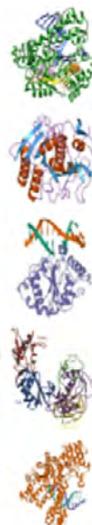


Рис. 127. Ферменты для молекулярной диагностики

### 3. Разработка VLP – технологий

Научная новизна: современные требования безопасности к производству и применению вакцинных препаратов и развитие рекомбинантных технологий в последние десятилетия дали толчок к появлению нового типа синтетических вакцин – вакцин на основе вирусоподобных частиц (VLP), представляющих собой капсид патогена, лишенный генетической составляющей и, в следствие этого, инфекционных свойств (Рис. 128).

Они совмещают в себе преимущества традиционных и современных рекомбинантных вакцин: полный антигенный набор, контролируемая антигенная нагрузка, безопасность применения и производства.

В Центре им. М.П. Чумакова в настоящее время ведется разработка технологии получения вирусоподобных частиц полиовируса и SARS-CoV-2 с применением нескольких рекомбинантных систем получения – растительной и бакуловирусной.

Кратко технологию можно описать следующим образом: Выделение генов вирусных белков – встраивание их в экспрессионные векторы – доставка векторов в клетки продуценты (разными способами) – экспрессия вирусоподобных частиц в клетках – очистка вирусоподобных частиц, которые являются действующим веществом вакцин.

Практическое применение:

Получение эффективных и безопасных вакцин на основе вирусоподобных частиц.

Организация: ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН.

Авторы: академик РАН Ишмухаметов Э.Э., Синюгина А.А., Ивин Ю.Ю., Пиняева А.Н., Славохотова А.А., Каа К.В., Зырина А.Н., Шишова А.А., Ковпак А.А., Турченко Ю.В..

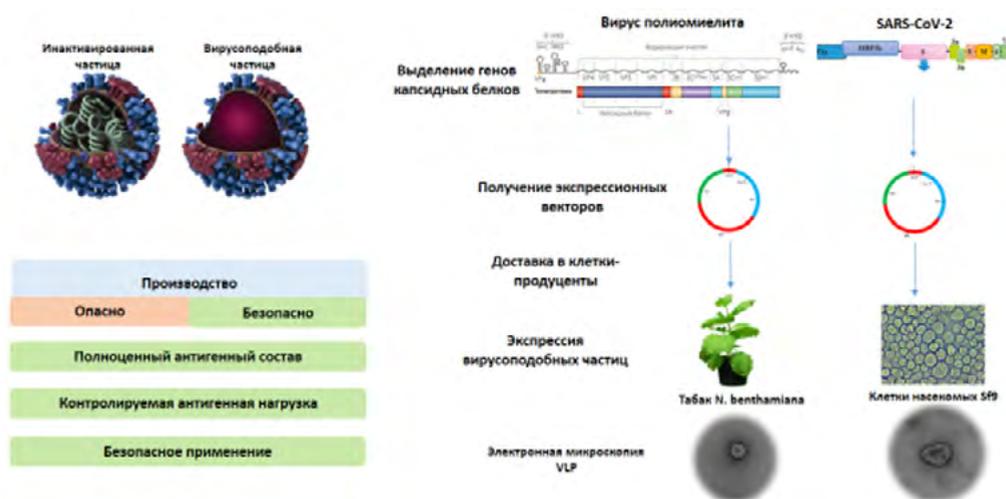


Рис. 128. Разработка VLP-технологий

#### 4. Разработка инновационных подходов к оптимизации питания высококвалифицированных спортсменов с целью повышения их адаптационного потенциала и спортивной формы

*Научная новизна:* было проведено медико-биологическое обоснование показателей качественного и количественного состава и разработаны технические условия /ТУ 10.86.10-054-29303017-2022 на специализированный пищевой продукт для питания спортсменов «Фит Юниор Протеин» («Fit Junior Protein»), состоящий из концентрата и изолята белка молочной сыворотки, витаминного премикса, растворимых пищевых волокон, сахара, какао (вкус шоколад), натуральных ароматизаторов и красителя (вкус клубника) и ТУ 10.86.10-055-29303017-2022 на второй специализированный пищевой продукт для питания спортсменов «Фит Юниор Гейнер» («Fit Junior Gainer»). Продукты выпускаются в виде порошка и предназначены для спортсменов в качестве специализированного пищевого продукта в виде напитка в дополнение к основному рациону питания спортсменов и лиц, испытывающих повышенные физические нагрузки, как дополнительные источники белка и углеводов в различных соотношениях в зависимости от потребностей на определенном этапе спортивной подготовки (Рис. 129).

*Практическое применение:* используются для медико-биологического обеспечения спортсменов сборных команд Российской Федерации. Промышленный выпуск совместно разработанной спецпродукции для спортсменов составил в 2023 году около 50 тонн.

ФИЦ питания и биотехнологии.

Авторы: академик РАН Тутельян В.А., академик РАН Никитюк Д.Б., д.м.н. доцент Стародубова А.В., Кобелькова И.В., Шевелева С.А., Бессонов В.В., Трушина Э.Н.



**ФИЦ питания и биотехнологии – 2023**  
**Медико-биологическое обоснование, разработка нормативной документации, государственная регистрация и промышленный выпуск специализированной продукции для питания спортсменов**



Продукты введены в «Формуляр лекарственных средств, биологически активных добавок (БАД) к пище и изделий медицинского назначения ФМБА России, используемых для медикобиологического обеспечения спортсменов сборных команд Российской Федерации и олимпийского резерва, разрешен для детей с возраста 11 лет

Рис. 129. Специализированные пищевые продукты для питания спортсменов

## 5. Аппаратно-программный комплекс системы нейрохирургической навигации Autoplan («Автоплан») (Рис. 130)

Были разработаны и созданы:

### 1) *роботизированная хирургическая станция на базе АПК «Автоплан»*

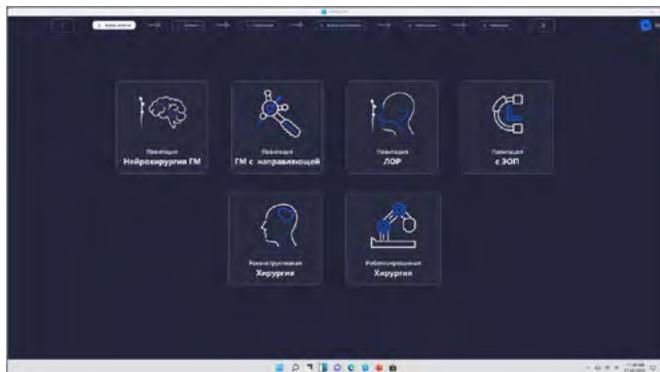
Результат: реализована интеграция отечественной навигационной системы АПК «Автоплан» с колаборативным роботом манипулятором КУКА с целью роботизации процесса взятия биопсии головного мозга. Управление роботом реализовано АПК «Автоплан», в результате чего операция проходила без участия человека. Робот по заданным координатам проделал фрезерное отверстие в черепе и после замены инструмента посредством автоматизированной оснастки забора биопсии был произведен забор биологического материала.

Область применения: система позволит объединить в единую информационную среду работу врачей разных специальностей, участвующих в жизненном цикле пациента в ЛПУ от диагностики до реабилитации. Основа системы – работа с медицинскими изображениями различных модальностей с применением инструментов искусственного интеллекта и ретроспективного анализа. Помимо использования роботизированной хирургической станции для нейрохирургии головного мозга результат интеграции колаборативного робота и хирургической навигационной системы АПК «Автоплан» возможно применить для развития области роботизированной урологии и вертебрологии. Разработана единая система планирования вмешательств с использованием технологий виртуальной реальности и интраоперационной визуализации.

Для проведения сегментации анатомических структур используются инструменты искусственного интеллекта, облегчающие работу хирурга при планировании вмешательства. Собственный штат разработчиков позволяет быстро и без-

ошибочно осуществлять любые интеграции с разными видами хирургического оборудования, внедрять новые подходы и инструменты помощи хирургу. Система позволяет проводить операции в областях нейрохирургии (головной мозг и позвоночник), ЛОР-хирургии, проводить опыты в эндокринной хирургии.

В 2023 году программное обеспечение для хирургической навигационной системы «Автоплан» было включено в реестр отечественного ПО. Реестровая запись № 20114 от 27.11.2023 <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/1968449/>

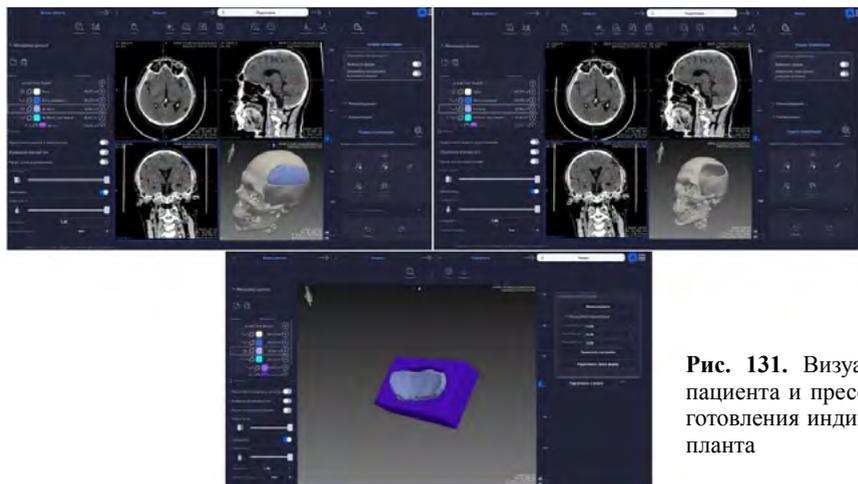


**Рис. 130.** Интерфейс АПК «Автоплан» с хирургическими модулями

## **2) модуль «Реконструктивная хирургия»**

В 2023 году в ПО АПК «Автоплан» создан новый модуль реконструктивной хирургии. Модуль позволяет построить визуализацию черепа пациента, автоматическими алгоритмами реконструировать недостающий костный фрагмент и создать пресс-форму для изготовления индивидуального импланта (Рис. 131).

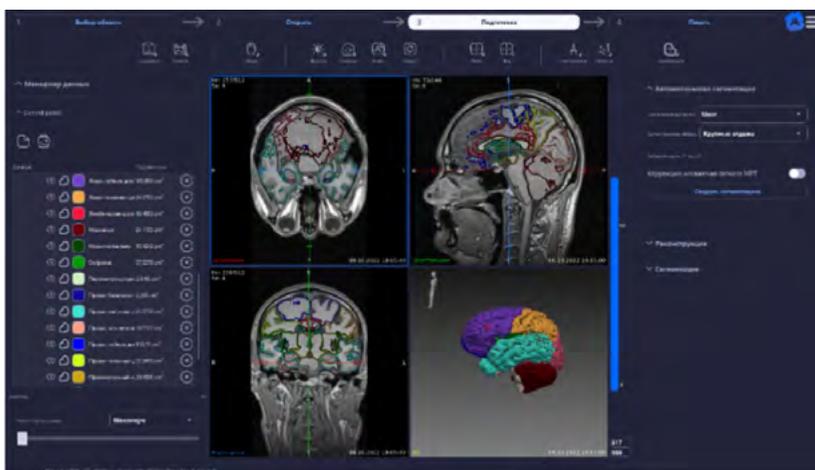
Создана программа для моделирования протеза недостающего фрагмента черепа и формы для его изготовления. Целью разработки является создание программного продукта, который поможет специалистам в области нейрохирургии и реконструктивной хирургии проектировать и изготавливать индивидуальные протезы для замены дефектов черепа пациентов. Программа будет применима в медицинской отрасли, в частности, в отделениях нейрохирургии и реконструктивной хирургии.



**Рис. 131.** Визуализация черепа пациента и пресс-формы для изготовления индивидуального импланта

### **3) атлас мозга**

Разработан и запущен программный модуль для ЭВМ для автоматического выделения анатомических областей головного мозга на проекциях МРТ исследования пациента для серий 3D T1 sagittal, загруженного в программу в формате DICOM, и получения персонафицированных трехмерных моделей на этапе предоперационного планирования (Рис. 132). Данный модуль позволяет провести на проекциях исследования сегментацию всего головного мозга или его анатомических областей, включающих в себя крупные отделы и их подструктуры. Индивидуально подобранный цвет для визуализации выделенных областей мозга на проекциях исследования и персонафицированной 3D-модели пациента упрощает интерпретируемость результатов для нейрохирургов как на этапе подготовки к проведению оперативного вмешательства для более точного определения локализации новообразования, так и во время использования системы хирургической навигации интраоперационно.



**Рис. 132.** Интерфейс программного модуля ЭВМ для автоматического выделения анатомических областей головного мозга на проекциях МРТ исследования

### **4) автоматическая сегментация позвоночника и позвоночного канала**

Разработан и запущен программный модуль ЭВМ для выделения позвоночника и позвоночного канала на проекциях КТ исследования пациента, загруженного в программу в формате DICOM, и построения персонафицированных трехмерных моделей на этапе предоперационного планирования (Рис. 133). Данный модуль позволяет проводить на проекциях исследования сегментацию костных структур всего позвоночного столба и выделять область позвоночного канала, определяемую в качестве опасной зоны при проведении оперативного вмешательства. Визуализация позвоночника и опасной зоны с использованием хирургической навигации упрощают процесс проведения оперативного вмешательства для хирурга и сокращают риски, связанные с повреждением позвоночного столба и позвоночного канала пациента.

Организация: СамГМУ Минздрава России.

Авторы: профессор РАН Колсанов А.В., Чаплыгин С.С., Морев А.С., Двояшкина Н.А., Денисов С.С., Пухликов М.В., Силина Г.А.



Рис. 133. Интерфейс программного модуля ЭВМ для выделения позвоночника и позвоночного канала на проекциях КТ исследования пациента

## 6. Торакоскопическая эпикардиальная радиочастотная абляция (РЧА) левого предсердия при персистирующих формах фибрилляций предсердий (ФП)

Разработан минимально инвазивный метод лечения персистирующих форм ФП (Рис. 134).

Преимущества видеоторакоскопической изоляции левого предсердия (ЛП) и легочных вен (ЛВ) с использованием биполярного РЧ-устройства:

- возможность выполнения процедуры без искусственного кровообращения, что ставит ее в один ряд с катетерной абляцией;

- расширенный объем воздействия на работающем сердце при применении торакоскопической техники – малоинвазивная «Далласская схема», включающая изоляцию ЛВ и дополнительные линии РЧА, повторяющие левостороннюю процедуру Cox maze III;

- создание надежных трансмуральных поражений за счет визуального контроля;

- предотвращение некоторых хирургических осложнений, с которыми обычно сталкивается электрофизиолог (стеноз/окклюзия ЛВ, предсердно-пищеводная фистула, повреждение митрального клапана, повреждение диафрагмального нерва, гемоперикард, опасность облучения). Менее травматичные вмешательства.

*Публикация:*

Файзалиев Р.Х., Сергуладзе С.Ю., Суладзе В.Г., Мационашвили Г.Р., Мационашвили Т.Р. «Оценка непосредственных и среднеотдаленных результатов интервенционного устранения множественных дополнительных предсердно-желудочковых соединений». *Анналы аритмологии*. 2023. Т. 20. № 1. С. 15-21.

Организация: НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России.

Руководитель: директор НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева академик РАН Голухова Е.З.

Авторы: д.м.н. Сергуладзе С.Ю., к.м.н. Кваша Б.И..

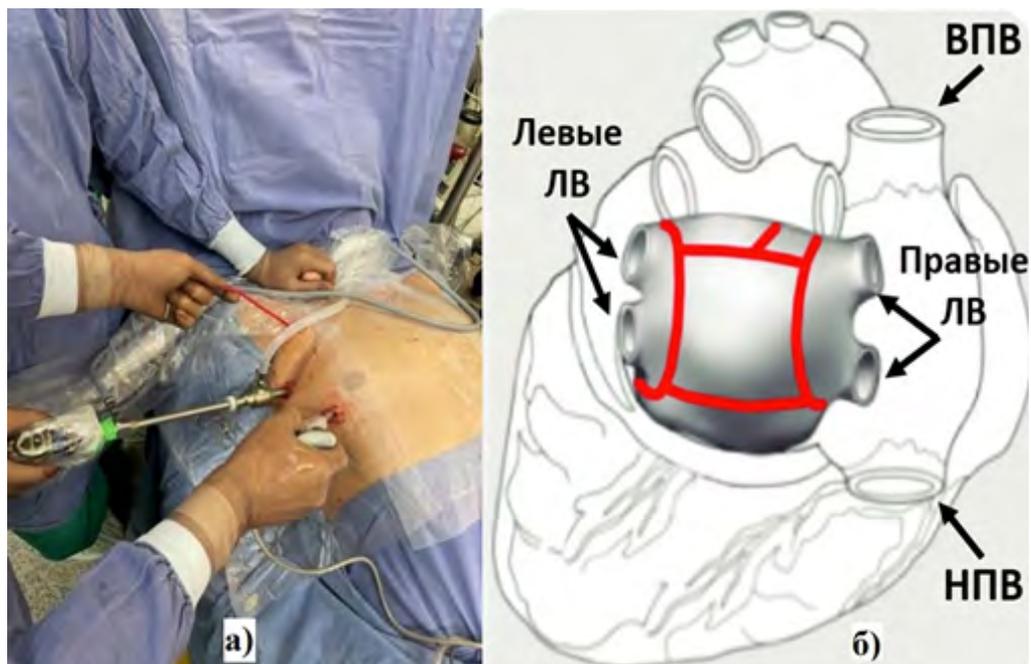


Рис. 134. а) 3-х портовый двухсторонний трансторакальный доступ; б) схема операции «Dallas lesion set» (ВПВ – верхняя полая вена, НПВ- нижняя полая вена)

## 7. Создание аппарата для ультразвуковой облитерации вен

*Сущность:* разработан и создан макет аппарата для эндовенозного ультразвукового лечения варикозной болезни нижних конечностей (Рис. 136).

*Новизна:* разработана новая технология малоинвазивного лечения варикозной болезни вен с использованием ультразвука. Терапевтический эффект достигается за счет сочетания механического, теплового и химического воздействия на венозную стенку одновременно (Рис. 135).

*Значимость:* потребность в данной методике и аппаратах. Ежегодно в Российской Федерации выполняется около 18000 облитерирующих операций. Потребность медицинских организаций в ультразвуковых аппаратах для облитерации – 100 аппаратов в год.

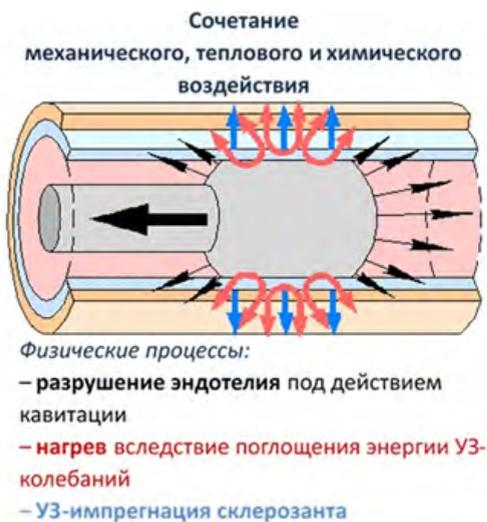
*Организации:* РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского совместно с Первым МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовским Университетом), МГТУ им. Н.Э. Баумана.

*Авторы:* академик РАН Гавриленко А.В., д.м.н. Вахрамьян П.Е., Аракелян А.Г., к.т.н. Борде А. С., Иванова Е. И., д.т.н. Щукин С. И., к.т.н. Самородов А.В.

*Публикации:*

Подана заявка на патент: рег. № 2023121573 «Устройство для ультразвуковой облитерации подкожных вен нижних конечностей» (полезная модель).

Опубликована статья по результатам разработки и экспериментальной части исследования в журнале *Амбулаторная хирургия*, 2023,- 20(2).-С.160-169.



**Рис. 135.** Сочетание механического, теплового и химического воздействия на вензную стенку одновременно



**Рис. 136.** Макет аппарата для эндовенозного ультразвукового лечения варикозной болезни нижних конечностей



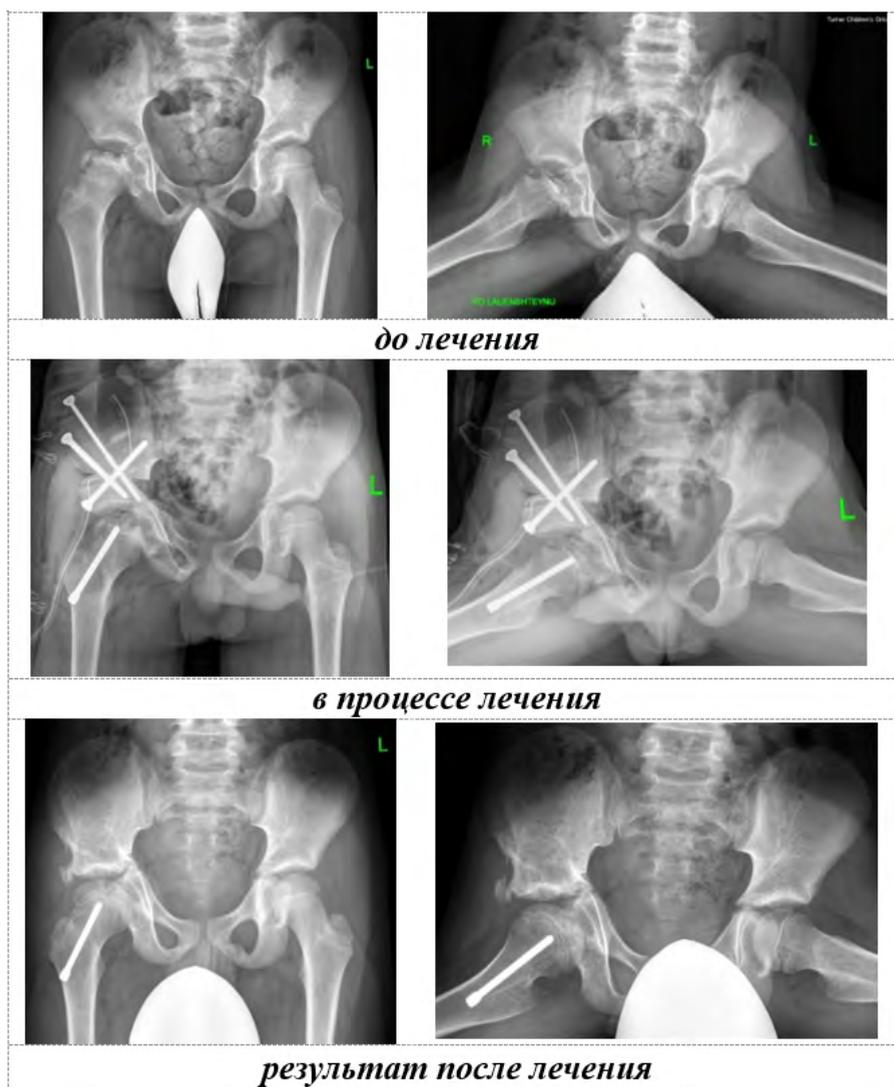
## 8. Хирургическое лечение детей с болезнью Легга-Кальве-Пертеса с применением имплантата электростимулятора остеорепарации (ИМПЛЭСО) (Рис. 137)

В НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера разработан инновационный хирургический метод лечения детей с болезнью Легга-Кальве-Пертеса с субтотальным или тотальным поражением эпифиза и нестабильностью тазобедренного сустава в виде подвывиха бедра путем тройной остеотомии таза, реориентирующей транспозиции вертлужной впадины с применением ортопедического электрета. Инновационная методика хирургического лечения направлена на воссоздание правильных анатомических взаимоотношений компонентов тазобедренного сустава, восстановление костной и хрящевой структур головки бедренной кости и возвращение функциональной активности. Имплантируемые электреты обеспечивают постоянный режим электростимуляции в окружающих

тканях, формируя в поражённом патологическом очаге здоровый электрофизиологический фон и активизируя в них восстановительные процессы остео- и хондрогенеза. Выполненное хирургическое лечение обеспечивает в ближайшее время ликвидацию болевого синдрома, способствует воссозданию конгруэнтности компонентов тазобедренного сустава и обеспечивает восстановление нормальной костной и хрящевой структуры головки бедренной кости. В результате ребёнок получает шанс вернуться к обычной активной жизни здорового человека.

Организация: НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера Минздрава России.

Авторы: Руководитель: член-корреспондент РАН Виссарионов С.В., соавтор: к.м.н. Бортюлев П.И.



**Рис. 137.** Хирургическое лечение детей с болезнью Легга-Кальве-Пертеса с применением имплантата электростимулятора остеорепарации

## 9. Коррекция врожденной деформации позвоночника и аномалии развития грудной клетки с применением индивидуальных реберно-реберных и реберно-позвоночных конструкций (Рис. 138)

Разработаны методика хирургического лечения и индивидуальные металлоконструкции для хирургической коррекции врожденных деформаций позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков и синостоза ребер у детей различных возрастных групп.

Низкий профиль металлоконструкции, надежная фиксация опорных элементов с равномерным распределением дистрагирующих сил, прикладываемых в ходе инструментальной коррекции врожденной деформации грудопоясничной локализации, возможность выполнения дистракции как за счет реберного, так и посредством позвоночного компонентов металлоконструкции, позволяют, в целом, обеспечить эффективность коррекции деформации позвоночника и профилактировать интра- и послеоперационные осложнения. Конструкция позволяет одновременно восстановить форму и анатомию грудной клетки, а также выполнить коррекцию врожденной деформации позвоночника. Такой подход позволяет создать условия для физиологического развития легких и предотвратить развитие дыхательной недостаточности. Особенностью данной системы является возможность проведения этапных хирургических вмешательств в процессе роста ребенка, направленных отдельно на коррекцию только реберной дуги искривления или только позвоночной дуги.

[https://www.rosturner.ru/news/devochke – iz – astrahani -s- tyazhyoloy-formoy-vrozhdyonnoy – skolioza – vypolnena – operatsiya -s- primeneniem-unikalnoy-otechestvennoy-ryoberno-pozvonochnoy-metallokonstruktsii/](https://www.rosturner.ru/news/devochke-iz-astrahani-s-tyazhyoloy-formoy-vrozhdyonnoy-skolioza-vypolnena-operatsiya-s-primeneniem-unikalnoy-otechestvennoy-ryoberno-pozvonochnoy-metallokonstruktsii/)

Организация: НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера Минздрава России.

Авторы: член-корреспондент РАН Виссарионов С.В., к.м.н. Кокушин Д.Н.



**Рис. 138.** Коррекция врожденной деформации позвоночника и аномалии развития грудной клетки с применением индивидуальных реберно-реберных и реберно-позвоночных конструкций

## 10. Новый радиофармпрепарат для диагностики рака предстательной железы [68Ga] BQ7812 (Рис. 139)

Создан и внедрен в практику новый радиофармпрепарат для диагностики рака предстательной железы [68Ga]-BQ7812 на основе гетеродимера, имеющего аффинность к ПСМА и рецепторам гастрин-релизинг пептида. Патент № 2796106 от 17.05.2023 г.

Препарат позволяет вне зависимости от фенотипа опухоли с высокой точностью диагностировать рак предстательной железы и его метастазы. В 10% случаев применение данной диагностики позволяет диагностировать метастазирование, которое не определяется с применением стандартных методов. В 2023 году проведены первые 3 пилотных введения пациентам с раком предстательной железы с уникальным результатом по качеству визуализации.

Организация: НМИЦ им. В. А. Алмазова Минздрава России.

Руководитель: академик РАН Шляхто Е.В.

Авторы: Орлова А.М., Толмачев В.М., Тимофеев В.В., Рыжкова Д.В., Абузайед А.Т., Ринне С.С., Розенстрём У.Х., Лундмарк Ф.К.



Рис. 139. Внедрение в практику нового радиофармпрепарата для диагностики рака предстательной железы [68Ga]-BQ7812

## 11. Разработка тест-систем ПЦР-РВ для идентификации молекулярно-генетических маркеров лекарственной резистентности Plasmodium falciparum у больных тропической малярией

*Сущность:* на основе данных об основных генетических полиморфизмах, ассоциированных признаками высокой вирулентности и лекарственной устойчивости возбудителей тропической малярии разработана серия тест-систем ПЦР-РВ, обеспечивающих возможность определения резистентности *P. falciparum* к антималярийным препаратам и маркеры злокачественного течения у больных тропической малярией.

*Новизна:* в исследовательском проекте за счет расширения сферы применения генетических технологий на основе этиопатогенетических особенностей заболевания изучена возможность внедрения нового метода ранней диагностики лекарственной устойчивости *Plasmodium falciparum* у больных тропической малярией.

*Значимость:* разработаны тест-системы на основе технологии ПЦР в режиме реального времени для выявления молекулярно-генетических маркеров лекарственной резистентности *P. falciparum* путем идентификации специфических SNP мутаций: K76T гена PfCRT; N86Y, N1042, S1034C, D1246Y гена PfMDR1; N569K, A630S гена PfATP6; S108N гена PfDHFR; K540E гена PfDHPS; A578S гена PF kelch protein K13.

Прогноз применения: полученные результаты планируется использовать для обеспечения системы противомаларийной защиты войск, выполняющих различные задачи по защите интересов Российской Федерации в условиях Западной Африки и Юго-Восточной Азии.

Организация: ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова» Минобороны России.

Авторы: Соловьев А.И., Арюков А.Р., Романенко В.А., Ивченко Е.В.

## **12. Разработка и внедрение серии обучающих курсов платформы SMART (Современные Методы и Алгоритмы лечения ранений и травм)**

*Сущность:* разработка и внедрение серии обучающих практических курсов, предназначенных для подготовки гражданских и военных специалистов по актуальным вопросам военно-полевой хирургии и хирургии повреждений. Создана полноценная инфраструктура для обучения, включая операционные, для отработки навыков на живых биологических объектах. Разработаны обучающие программы платформы SMART (Современные Методы и Алгоритмы лечения ранений и травм) с акцентом на особенности лечения боевой патологии. Проведены обучающие курсы платформы SMART: SMART ХП (хирургия повреждений) (Рис. 140), SMART ВПХ (военно-полевая хирургия) (Рис. 141), SMART ПП (прием пострадавшего), SMART РЭБОА (базовые навыки эндоваскулярной хирургии) (Рис. 142).

*Новизна:* необходимо актуализировать знания по вопросам боевой хирургической патологии у военных медицинских работников и обучить гражданских специалистов с учетом опыта СВО. Основы теории и практические навыки по военно-полевой хирургии и хирургии военного времени, с учетом опыта вооруженных конфликтов, в полной мере можно получить только в стенах Военно-медицинской академии и в частности на кафедре военно-полевой хирургии. Профессорско-преподавательский состав кафедры военно-полевой хирургии имеет боевой опыт – оказание хирургической помощи в вооруженных конфликтах, опыт преподавания ВПХ. В академию поступают просьбы от Минздрава России об организации обучения медицинских работников медицинских организаций субъектов России по программам повышения квалификации. Отсутствие представления о боевой хирургической патологии работников Минздрава России - врачей-специалистов (хирургов). Утрата компетенций и навыков по оказанию хирургической помощи раненым военно-медицинскими специалистами. Недостаточное понима-

ние или полное отсутствие представления об этапности и преемственности при оказании помощи во время медицинской эвакуации. Отсутствие полноценных образовательных платформ для практического обучения медицинских специалистов по оказанию хирургической помощи раненым и пострадавшим.

*Прогноз применения:* реалистичная платформа обучения со своим оборудованием и операционными, тренажерами-симуляторами позволит обучать и совершенствовать навыки специалистов по оказанию помощи при тяжелой травме и боевой патологии.

Организация: ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова» Минобороны России.



**Рис. 140.** Курс СМАРТ ХП (хирургия поврежденных)



**Рис. 141.** Курс СМАРТ ПП (прием пострадавшего)



Рис. 142. Курс SMART РЭБОА (базовые навыки эндоваскулярной хирургии)

### 13. Составлен профиль распространенности хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) и их факторов риска (ФР) регионов Российской Федерации

На материалах обследования представительной выборки населения Российской Федерации 35–74 лет из 29 регионов страны в рамках многоцентрового одномоментного исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации» (ЭССЕ-РФЗ) описана эпидемиология ХНИЗ и их ФР (Рис. 143) и их детерминанты.

Приверженность здоровому образу жизни выше среди женщин – 19,6% против 11,1%,  $p < 0,001$ . Распространенность курения составила 27,7% среди мужчин и 7,6% – среди женщин, злоупотребления алкоголем – 6,8% и 1,5% соответственно. Частота низкой физической активности – 26,7% и 28,12%. Высокий уровень стресса испытывает 21,6% женщин и 18,9% мужчин. Частота субклинического/клинического уровня тревоги составила 19,3%/6,8%, депрессии – 15,9%/4,5% соответственно. Распространенность нарушений когнитивной функции у мужчин и женщин составила 2,2% в возрастной группе 55-64 лет и 4% в группе 65-74 лет. Распространенность АГ в Российской Федерации составила 56,0% и 52,1% среди мужчин и женщин соответственно, ожирения – 30,1 и 36,7%, абдоминального – 30,0% и 50,5%. Распространенность гиперхолестеринемии составила 58,8%.

Организации: ФГБУ НМИЦ ТПМ Минздрава России совместно с МГУ имени М.В. Ломоносова, КГБУЗ «Краевой Центр общественного здоровья и медицинской профилактики» (Барнаул), ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, ГБПОУ «Свердловский областной медицинский колледж» (г. Екатеринбург), ГБУЗ «Центр общественного здоровья и медицинской профилактики Республики Бурятия им. В.Р. Бояновой» (г. Улан-Удэ); ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, НИИТПМ – филиал ИЦиГ СО РАН, ГБУЗ «Оренбургский областной центр общественного здоровья и медицинской профилактики»; ФГОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава России, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России; Научно-исследовательский институт экологической медицины им. С.А. Абусуева;

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России; ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»; ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»; ГБУЗ РМ «Мордовская республиканская центральная клиническая больница» (г.Саранск); ГБУ «Республиканский центр общественного здоровья и медицинской профилактики» (г.Якутск); ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»; БУ «Республиканский центр общественного здоровья и медицинской профилактики, лечебной физкультуры и спортивной медицины» (г.Чебоксары); ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Руководитель: директор НМИЦ ТПМ академик РАН Драпкина О.М.

Авторы: Шальнова С.А. д.м.н., профессор; Баланова Ю.А. д.м.н.; Куценко В.А., Имаева А.Э. д.м.н.; Концевая А.В. д.м.н., доцент; Максимов С.А. д.м.н., доцент; Муромцева Г.А. к.б.н., Котова М.Б., к.п.н.; Карамнова Н.С., д.м.н.; Евстифеева С.Е. к.м.н.; Капустина А.В., Литинская О.А. к.м.н.; Покровская М.С., к.б.н.; Филичкина Е.М., Ивлев О.Е., Гоманова Л.И., Долудин Ю.В, Ефимова И.А., Борисова А.Л., Яровая Е.Б. д.ф.-м.н.

*Публикации:*

Баланова Ю. А., Драпкина О. М., Куценко В. А. и соавт. Артериальная гипертония в российской популяции в период пандемии COVID-19: гендерные различия в распространённости, лечении и его эффективности. Данные исследования ЭССЕ-РФ3. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2023.

Максимов С.А., Шальнова С.А., Баланова Ю.А. и соавт. Структура употребления алкоголя в России по данным исследования ЭССЕ-РФ: есть ли «ковидный след»? // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2023.

Драпкина О.М., Максимов С.А., Шальнова С.А. и соавт. Распространенность и динамика курения в России по данным исследования ЭССЕ-РФ. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2023.

Драпкина О.М., Котова М.Б., Максимов С.А. и соавт. Приверженность здоровому образу жизни в России по данным исследования ЭССЕ-РФ: есть ли «ковидный след»? // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2023.

Котова М.Б., Максимов С.А., Шальнова С.А. и соавт. Уровни и виды физической активности в России по данным исследования ЭССЕ-РФ: есть ли след пандемии COVID-19? // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2023.



Рис. 143. Распространенность ФР в российской популяции 35–74 лет

#### 14. Разработка нового класса имплантов с заданными индивидуальными анатомическими и поверхностно-активными свойствами для реконструкции костно-суставных дефектов в онкологии и травматологии

Разработана последовательная технология создания имплантов для возмещения любых костных и костно-суставных дефектов на основе цифрового моделирования. Преимуществом и особенностью получаемых изделий является физическая модификация поверхности (Рис. 144 а) и изменение физико-химических свойств за счет нанесения специального прочного покрытия (Рис. 144 б). Для каждой индивидуальной клинической цели выбирается свой вид кальций-фосфатного, оксидного или иного слоя (Рис. 144 в). За счет этого решаются вопросы ускоренной интеграции импланта, противовоспалительных или иных его свойств в соответствии стандартам ISO/ASTM. Реконструкция костных дефектов в клинике показала более высокую выживаемость конструкций нового класса по сравнению с серийными образцами. Появилась возможность восстанавливать сложные и редкие костные изъяны. Ряд подобных индивидуальных эндопротезов нового класса уже имеют патенты и применяются в онкологических клиниках, заменяя дорогостоящие импортные изделия.

Работа выполнена в рамках гранта Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 020-15-2021-010

Организации: Томский НИМЦ и НПО «Синтел».

Руководитель: Анисеня И.И.

Авторы: Митриченко А.Д., Корощенко С.А., Ситников П.К., Митриченко Д.В., Просолов А.Б.

Публикации:

1. Antibacterial and biocompatible Zn and Cu containing CaP magnetron coatings for MgCa alloy functionalization. Konstantin A. Prosolov, Nikita A. Luginin, Larisa S. Litvinova, Maxim A. Fedorov, Ilya I. Anisenya, Lyudmila S. Mushtovatova, Aleksandr A. Snetkov, Artem V. Bukharov, Igor A. Khlusov, Yurii P. Sharkeev. *Journal of Materials Research and Technology*, 2023, 25, страницы 2177–2203/ <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.06.06>

2. Анисеня И.И., Шайхлисламова А.Р., Просолов А.Б., Николаева О.О., Митриченко Д.В. Эндопротез ключицы (варианты) Патент на изобретение RU 2786325 C1, 20.12.2022. Заявка № 2022101066 от 17.01.2022.

3. Анисеня И.И., Бойко А.А., Синегуб А.В., Просолов А.Б., Митриченко Д.В. Индивидуальный имплант проксимального суставного конца плечевой кости с биоактивными свойствами. Патент на изобретение RU 2785011 C1, 01.12.2022. Заявка № 2022112790 от 11.05.2022.



**Рис. 144.** а) - Варианты физической модификации поверхности импланта; б) - Нанесение покрытия. Линия микродугового оксидирования; в) Компоненты изделий с кальций-фосфатным покрытием

## 15. Способ прогнозирования риска летального исхода у пациентов через один год после перенесенного острого коронарного синдрома и чрескожного коронарного вмешательства

Впервые предложен способ прогнозирования риска летального исхода у пациентов через один год после перенесенного острого коронарного синдрома и чрескожного коронарного вмешательства, включающий ультразвуковое и биохимическое исследования, отличающийся тем, что на основании определения у пациента уровня мозгового натрийуретического пептида в плазме крови, индекса конечного диастолического объема и наличия концентрической гипертрофии левого желудочка рассчитывают вероятность летального исхода пациента. При рассчитанном значении вероятности  $p$ , при значении  $p \geq 0,150$  риск летального исхода расценивается как высокий, при значении  $p < 0,150$  – низкий.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* способ прогнозирования внедрен в работу клиники Тюменского кардиологического научного центра – филиала Томского НИМЦ (Акт внедрения № 1 от 24.11.2023 г.)

*Технический и (или) экономический эффект от внедрения:* Способ позволяет определить риск летального исхода в отдаленном периоде после перенесенного острого коронарного синдрома. Преимущество предлагаемого способа состоит в том, что доказано неблагоприятное влияние на прогноз параметров, отражающих ремоделирование левого желудочка, сформировавшихся в течение одного года после перенесенного острого коронарного синдрома, и широко применяющихся в рутинной клинической практике.



*Сравнительные характеристики с известными разработками:* оригинальная математическая прогностическая модель.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* патент № 2791657 (Рис. 145), заявка: № 2022118662, 08.07.2022 г., опубл. 13.03.2023, бюл. № 8.

Организация: Томский НИМЦ, Тюменский кардиологический научный центр.

Авторы: Мусихина Н.А. (руководитель), Петелина Т.И., Горбатенко Е.А., Теплоухова А.И.

**Рис. 145.** Патент на изобретение №2791657 «Способ прогнозирования риска летального исхода у пациентов через один год после перенесенного острого коронарного синдрома и чрескожного коронарного вмешательства», заявка: № 2022118662, 08.07.2022 г., опубл. 13.03.2023 г., Бюл. № 8

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

## Аналитическая записка о состоянии в 2023 году и прогнозе развития наук о Земле

Объектом исследований наук о Земле являются оболочки нашей планеты: геосфера, гидросфера и атмосфера, которые непрерывно изменяются, взаимодействуют между собой и служат средой обитания человечества. Науки о Земле исследуют широчайший круг проблем: от зарождения и эволюции нашей планеты, её внутреннего строения, физики и химии происходящих в ее недрах процессов, до вопросов экологической и энергетической безопасности Российской Федерации, обеспечения страны минерально-сырьевыми ресурсами, рационального природопользования, изучения и прогнозирования глобальных изменений природной среды и климата. Решение этих задач определяет возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы.

В 2023 году основными направлениями фундаментальных геофизических исследований в мировой науке и в России являлись проблемы происхождения и эволюции геомагнитного поля и развития методов глубинной сейсмической томографии для изучения строения, вещественного состава земных недр и глубинных процессов, включая взаимодействие геосфер. Важное место в геофизических исследованиях занимали прикладные направления, такие как изучение и прогнозирование катастрофических явлений (землетрясения, извержения вулканов, цунами), оценка сейсмической, вулканической и цунами опасности, а также совершенствование геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых.

Главными направлениями в изучении взаимосвязи глобальных процессов, происходящих в недрах Земли, остаются глубинная сейсмическая томография и компьютерное моделирование. Оба этих направления наиболее активно развиваются в нескольких исследовательских зарубежных центрах Европы, Америки, Китая и, в меньшей степени, в России. Тем не менее опубликованные результаты глубинной томографии и компьютерного моделирования активно привлекаются российскими учеными при интерпретации геологических, тектонических и петрологических данных.

Цифровизация в науках о Земле является одной из наиболее актуальных фундаментальных задач, связанных в значительной степени с разработкой новых методов дистанционного зондирования и геоинформационных технологий, включая методы искусственного интеллекта, высокопроизводительное численное моделирование, применение роботизированных космических систем, новых геостационарных и высокоэллиптических гидрометеорологических инструментальных платформ, а также БПЛА. С использованием данных дистанционного зондирования Земли проведён анализ геоморфологических преобразований в дельте реки Дон за последние 60 лет и установлены факторы, влияющие на движение переднего края дельты. В результате комплексной геодинамической интерпретации наземных и спутниковых данных рассчитаны поля смещений земной поверхности и построена

детальная модель поверхности разрыва Турецких землетрясений 2023 года.

Большие усилия ученых в настоящее время направлены на изучение строения, состава и условий образования глубинных и поверхностных (эндогенных и экзогенных) пород Земли. Среди методов, обеспечивающих главный прирост новых знаний по этим направлениям, ведущую роль в 2023 года продолжали играть локальные методы исследований на приборах классов SIMS и LA-MC-ICP-MS, которые позволяют получать данные об элементных и изотопных характеристиках вещества в локальных областях (до 5 мкм) и с высокой точностью (до 0,005%). Очень информативным направлением исследований и эндогенных, и экзогенных процессов, является геохимия стабильных, радиоактивных и радиогенных изотопов. Полученные данные служат основой для выявления источников и происхождения магм и минералообразующих флюидов, источников металлов, определения возраста геологических образований, реконструкции геодинамических обстановок, условий образования рудных месторождений, выявления причин загрязнения окружающей среды. В последние годы получило развитие изучение нетрадиционных стабильных изотопов, которое служит пониманию процессов, протекающих в различных оболочках Земли. В России успешно работает несколько лабораторий мирового уровня, но развитие этих направлений исследований сдерживается резким дефицитом современной приборно-аналитической базы. Большой частью результаты в этой области получены при сотрудничестве с ведущими зарубежными организациями.

В изотопной геохронологии главной мировой тенденцией является расширение и совершенствование методов определения изотопного возраста пород и минералов по нескольким направлениям: развитие локальных изотопных методов определения возраста; совершенствование классических методов изотопного анализа с уменьшением количества анализируемого вещества и увеличением точности определения возраста; расширение набора минералов, привлекаемых для проведения изотопно-геохронологических исследований. Эти направления динамично развиваются в России, главным образом за счет усилий нескольких аналитических центров, хотя устаревшая приборная база замедляет темпы и перспективы этого развития. Часть изотопных методов в России не используется из-за проблем с приборной базой. В частности, в России не проводится Re-Os изотопное датирование, которое имеет ключевое значение при определении возраста многих рудных минералов и нефти, существуют проблемы с анализом радиогенных изотопов в акцессорных минералах, таких как циркон, апатит и других – важнейших индикаторов геологических и минералообразующих процессов.

В области исследования минералов был выявлен целый ряд новых минеральных видов, что вносит важный вклад в понимание того, каким образом химические элементы распределяются в земной коре и мантии. Выявлены фундаментальные характеристики ряда минералов. Впервые теоретически показано, что содержание крупного иона серы и ее дефицит влияют на параметр элементарной ячейки тетраэдрита, относящиеся к кубической сингонии. Предложено объяснение осцилляторной зональности блеклой руды: показано, что химическая зональность возникла в результате роста кристаллов и связанных реакций растворения-перетложения. Составы блеклых руд месторождения обладают масштабной инвариантностью. Установлено, что осцилляторная зональность в минералах может про-

исходить в изотермических условиях, далеких от равновесия. Установлены ранее неизвестные изоморфные схемы замещения в минералах. Впервые расшифрованы кристаллические структуры новых и редких минералов, уточнены кристаллические структуры известных минералов с использованием новых средств и подходов.

В области экспериментальной петрологии и минералогии особое внимание в мире отводится высоко-барическим экспериментам в сложных многокомпонентных системах, в том числе воспроизводящих образование минеральных ассоциаций, расплавов и флюидов в условиях мантии при попадании туда материала из зон субдукции. Динамичное развитие этого направления в России обеспечивают работы, проводимые в Сибирском отделении РАН, Институте экспериментальной минералогии РАН, Институте геохимии и аналитической химии РАН, Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН.

Среди подходов в петрологических исследованиях все большую роль приобретают расчетные модели, основанные на больших базах экспериментальных данных о фазовых взаимоотношениях и исследовании парагенетических ассоциаций минералов в горных породах и рудах. Наиболее востребованы в 2023 году были пакеты петрологических программ для магматических пород (Alpha-MELTS) и программы термодинамического моделирования фазового равновесия в метаморфических породах (Perple\_X и GeoPS).

Самостоятельным мощным инструментом наук о Земле стало наполнение больших баз данных, таких, например, как GeoRock (<https://georoc.eu/georoc/newstart.asp>), в которой сегодня собраны геохимические данные для более чем 600 тысяч образцов горных пород и минералов из всех геотектонических обстановок, или MetBase (<https://metbase.org/>) – базы данных по метеоритам. Базы данных, имеющие открытый доступ, были активно востребованы в 2023 году, и такая тенденция сохранится в ближайшие годы.

Важнейшим направлением исследований в науках о Земле в настоящее время является изучение строения, состава и условий образования глубинных и поверхностных (эндогенных и экзогенных) скоплений полезных ископаемых. В мировой практике важной целью исследований геологии месторождений полезных ископаемых является разработка моделей формирования эндогенных и экзогенных рудообразующих систем, которые служат ориентирами при постановке поисковых, разведочных и эксплуатационных работ на новых объектах. Основные тенденции исследования в учении о рудных месторождениях как в отечественных, так и зарубежных центрах сконцентрированы на решении следующих вопросов: какие глобальные геодинамические и тектонические условия инициировали рудообразующие процессы, существует ли связь с магматическими процессами, можно ли отличить рудоносные магматические комплексы от непродуктивных, что явилось источником металлов, состав и происхождение рудообразующих флюидов, каким образом флюиды и металлы переместились в зону рудоотложения, какие механизмы и процессы привели к отложению металлов. В 2023 г. были усовершенствованы геолого-генетические модели суперкрупных и уникальных месторождений высокотехнологичных металлов. Для повышения темпов роста экономики страны и развития высокотехнологичного производства потребуется значительный рост потребления стратегических металлов. В связи с этим является оправданным вов-

лечение в эксплуатацию труднообогатимых руд и техногенного сырья с низким содержанием ценных компонентов, тонкой вкрапленностью, вплоть до эмульсионной, с близкими физическими, физико-химическими и технологическими свойствами минералов.

В связи с необходимостью развития минерально-сырьевой базы страны, которая необходима для обеспечения высокотехнологичной промышленности, в 2023 году значительное внимание уделялось выяснению условий нахождения и образования редких и рассеянных металлов, которые не встречаются в виде собственных минералов в рудах, находятся как изоморфные примеси в основных рудных минералах и могут извлекаться в качестве попутных компонентов. Развитие этого направления сдерживается практически полным отсутствием высокоточных приборов для локального анализа минералов.

Большое значение имеет решение фундаментальных проблем широкомасштабного техногенного преобразования недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Комплексная, технологически эффективная и экологически безопасная добыча и глубокая переработка минерального сырья замыкает круг задач, которые необходимо решить для опережающего развития минерально-сырьевой базы страны.

Исследования в области горных наук в настоящее время сконцентрированы на развитии современных технологий для горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности. Институты горного профиля РАН, работая в тесном контакте с горнорудными компаниями и обогатительными комбинатами, вносят большой вклад в решение важнейших задач развития минерально-сырьевой базы страны, разработку нетрадиционных запасов энергоресурсов, комплексную и ресурсосберегающую переработку минерального сырья. Новые технологии успешно апробируются и реализуются на горно-металлургических предприятиях ООО «УГМК-Холдинг», АК «АЛРОСА», ЗАО «Полиметалл», ОАО «Акрон», «ОАО Металлоинвест», «ОАО Норникель», ОАО «Еврохим», ПАО «ФосФгро», ПАО «Полюс» и др. Дальнейший прогресс в области максимально полного и комплексного извлечения стратегических металлов с учётом современных ресурсосберегающих и экологических требований в интересах развития высокотехнологичных секторов экономики будет достигнут за счет выявления и генерации новых знаний при быстропротекающих процессах, происходящих при физико-химическом воздействии на ультрадисперсные минеральные матрицы, содержащие благородные, цветные, редкие и редкоземельные металлы и другие ценные компоненты.

В науках о Земле важное место занимают исследования в области взаимодействия человека и природы, изучение фундаментальных основ стратегии рационального природопользования, а также перспектив пространственного развития России в условиях его неравномерности и глобальной нестабильности. Необходимо отслеживать и прогнозировать динамику развития техногенно-природных экосистем, источники и механизмы формирования геохимических аномалий. Это научное направление подразумевает комплексные исследования состава, строения, изменений и взаимодействия отдельных компонентов природной среды: рельефа, почв, растительности, животных, водных объектов и т.п. — целостных геосистем.

Изучение стадий и циклов их изменений, трансформаций при тех или иных воздействиях человека – актуальная перспективная задача.

В мировых трендах науки востребованы, актуальны и отражены вопросы теории, методологии и интеграции географии в практику. К сожалению, по ряду направлений фундаментальной географии, связанных с рациональным природопользованием, таких как модели пространственного развития, географические основы диверсификации экономики, внедрение «природоподобных» технологий и пр., все еще наблюдается отставание. Однако у отечественной географии есть и успехи. Разрабатываются и внедряются основы адаптации природы, хозяйства и населения к «быстрым» климатическим изменениям, «географический ответ» на современные вызовы (геополитический, ресурсный, демографический, экологический, инфраструктурный, цивилизационный, экономического неравенства регионов и пр.).

В 2023 г. исследования были сконцентрированы на оптимизации пространственного развития России в условиях неравномерности освоения территории, внешних и внутренних экономических, экологических и геополитических вызовов, включая глобальную нестабильность, необходимость диверсификации экономики и трудности развития в условиях санкций.

Не менее важными являются тесно связанные между собой исследования атмосферных процессов и явлений, включая экстремальные, развитие климатических моделей земной системы и исследования причин и механизмов климатических изменений, их последствий, а также проблем адаптации и регулирования. Построение надежных сценариев будущих климатических изменений невозможно без палеорекоonstrukций, понимания физических механизмов климатических колебаний, оценки роли различных обратных связей в климатической системе. В области климатологии в 2023 г. проводилось моделирование и прогнозирование изменения климата Земли, изучение проблем, связанных с изменением климата, оценка риска неэкономических потерь и ущерба от изменения климата. Важнейшим направлением исследований является оценка отклика атмосферной циркуляции в средних и высоких широтах на ускоренные изменения климата в Арктике. Для решения фундаментальной проблемы выявления механизмов ускоренных изменений климата и оценки относительного вклада естественной изменчивости и внешних воздействий в формирования аномалий климата необходима интенсификация экспериментальных и теоретических исследований, включая моделирование климатических процессов в Арктике.

В этой связи актуальной фундаментальной задачей является изучение изменчивости состояния криолитозоны, углубление знаний о криоразнообразии, оценка взаимосвязи криосферы с атмосферой и гидросферой, картирование криогенных геосистем с выходом на ландшафтную индикацию и мониторинг состояния криосферы на основе регулярных дистанционных наблюдений. Серьезная проблема, на решение которой направлены усилия ученых – адаптация природной среды, промышленной и городской инфраструктуры к последствиям климатических изменений в криолитозоне. В 2023 г. происходило накопление натурной текущей и режимной информации о состоянии элементов криолитозоны на наблюдательных площадках и полигонах, теоретическое обоснование и картирование криогенных процессов, включая геологические.

Океанология в 2023 г. в России охватывала исследования проблем физики и химии океана, исследования в области морской геологии с изучением процессов образования магмы и горных пород в зонах спрединга и современного осадконакопления в океане, в том числе и рудных отложений, а также работы по биоокеанологии с акцентом на морские экосистемы и биологическую продуктивность. Значительное место занимали вопросы взаимодействия системы «атмосфера – океан – суша». Одним из прорывных направлений в океанологии в последние годы являются исследования движения водных масс с привлечением геохимии стабильных изотопов – Н, О, С, – которые дают возможность разрабатывать количественные цифровые модели конвекции и течений в Мировом океане.

Совершенствование геофизической инструментальной базы и создание уникальных научных установок для изучения условий формирования и механизмов подготовки катастрофических природных явлений в системе взаимодействующих геосфер во многом способствует развитию прикладных направлений исследований и оценке рисков сейсмической, вулканической и цунами опасности; уникальные лазерные деформографы и нанобарографы Дальневосточного отделения РАН на мысе Шульца уверенно регистрируют на фоне естественных и антропогенных помех акустико-гравитационные и сопутствующие им возмущения в гидросфере и литосфере, вызванные крупными вулканическими извержениями Южного полушария.

Анализ состояния фундаментальной науки в области исследования водных ресурсов показывает, что к числу приоритетных направлений ее развития относятся развитие геоинформационных моделирующих комплексов в качестве информационной основы для принятия решений в области водной безопасности (защиты от наводнений, управления водно-ресурсными системами, качеством вод и охраной водных объектов, для решения трансграничных проблем, и др.); параметризация процессов гидрологического цикла суши в моделях Земной системы, оценка гидрологических последствий изменения климата; развитие моделей взаимодействия вод суши с океаном, методов оценки влияния речного стока на состояние прибрежных зон окраинных и внутренних морей.

Впервые в практике палеогеографических исследований пробурены 24 скважины и отобраны 200 грунтовых колонок на шельфе и косах Азовского моря, что позволило с большой степенью детальности реконструировать гидродинамические и климатические трансформации Азово-Донского бассейна в позднем голоцене. Учёными ЮНЦ РАН выявлены признаки субазральных условий осадконакопления на шельфе, по данным радиоуглеродного датирования образцов карбонатного материала выявлены внутривековые изменения климата: холодный (многоводный; 1884-1942 гг.), переходный (1942-1985 гг.) и тёплый (маловодный; 1986-2020 гг.) периоды.

Выполнение работ в рамках ПФНИ способствует преодолению отставания России в развитии указанных направлений, которое наблюдалось в предыдущие годы.

В ближайшие годы будут продолжены:

- разработка на национальном уровне практических действий по проблемам опустынивания и деградации земель, закрепленных в обязательствах России по Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием;

- решение проблем сохранения биоразнообразия в рамках Конвенции о биологическом разнообразии.

Важное значение будет иметь создание научных основ устойчивого природопользования (земле-, водо-, лесопользования) и вовлечения земельных, водных, лесных, биологических и прочих ресурсов в обеспечении развития экономики России и ее регионов. Будет проводиться детальная оценка современного вклада России в стабилизацию глобального климата и мировой экологической стабильности (концепции «глобального экологического донорства»).

Серьезное внимание будет уделено разработке новых и модернизации действующих технологий, в том числе дистанционных, направленных на оценку современной изменчивости природной среды, с целью совершенствования государственной системы экологического мониторинга, территориальной охраны природы, реабилитации нарушенных в процессе хозяйствования территорий и акваторий.

Усилия ученых в области наук о Земле будут направлены на формирование эффективных подходов и методов научного и научно-информационного сопровождения на федеральном, региональном и муниципальном уровнях принятия решения органами государственной власти в области природопользования, охраны природы, экологического контроля и мониторинга, включая научно-методическую и экспертную поддержку научных организаций новых регионов нашей страны.

\*\*\*\*\*

Важнейшие результаты за 2023 год в области наук о Земле получены в рамках выполнения Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (ПФНИ на 2021 – 2030 годы) и в рамках реализации Государственных и федеральных программ Российской Федерации, таких как Государственная программа (комплексная программа) Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации (2022-2030)»: Направление (подпрограмма) «Связанность территории Российской Федерации за счёт создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики»; План мероприятий по реализации «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года и Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года»: Раздел 58. Реализация программы геологического и геофизического изучения Арктической зоны.

В 2023 г. получен целый комплекс научных результатов в области наук о Земле, важных для развития Арктической зоны Российской Федерации.

Одним из ключевых направлений Государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» является воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр. В 2023 г. научными организациями под научно-методическим руководством ОНЗ РАН получены важные результаты по научным направлениям обеспечения стратегических потребностей Российской Федерации в минеральном сырье.

Важнейшие фундаментальные результаты получены по многим направлениям наук о Земле, что отвечает Государственной программе (комплексной программе)

Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации (2022-2030)»: Направление (подпрограмма) «Фундаментальные исследования и научное лидерство. Формирование передовой модели научных исследований, обеспечивающей превосходство российских научных школ в мировой научной повестке в областях национальных приоритетов».

## **Важнейшие достижения**

### **Секция геологии, геофизики, геохимии и горных наук**

#### **1. Специальная геологическая экспедиция «Арктика-2022»**

В соответствии с приглашением Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) (письмо № ЕП-02-31/15777 от 09.08.2022) ГИН РАН принял участие в специальной геологической экспедиции Роснедр и ГУГИ Министерства обороны Российской Федерации в Северном Ледовитом океане на южной оконечности хребта Гаккеля в зоне его сочленения с континентальной окраиной моря Лаптевых (Рис. 146).

Цель комплексных батиметрических и геолого-геофизических исследований на океанографическом исследовательском судне «Янтарь» состояла в сборе дополнительных материалов по обоснованию хребта Гаккеля как подводного хребта в терминах параграфа 6 статьи 76 Конвенции ООН по морскому праву. Впервые детальными батиметрическими методами и визуальными наблюдениями в рельефе дна прослежена структурно-асимметричная рифтовая долина, к западному борту которой приурочен протяженный магистральный разлом, осложненный на отдельных участках сбросовыми ступенями (Рис. 146). Интенсивное поступление обломочного материала со стороны шельфа моря Лаптевых приводит к развитию у материкового подножия мощного конуса выноса, что затрудняет прослеживание структур хребта Гаккеля в сторону континентальной окраины. В то же время существование и рост конуса свидетельствуют о прогрессивном погружении южного фланга хребта.

Впервые в этой части хребта Гаккеля вне зоны континентального шельфа были обнаружены многочисленные аутигенные карбонатные образования, сложенные магнезиальным кальцитом и арагонитом с примесью терригенного глинистого материала. [Каминский и др., 2023]. Важную роль в их формировании играли диагенетические растворы, поступающие из осадочного чехла совместно с метаном и продуктами окисления газов и органического вещества. Изотопный состав O, C и Sr позволяет заключить, что диагенетические карбонаты хребта Гаккеля осаждались преимущественно в изотопном равновесии с придонной водой при температуре около 0°C. Отрицательная корреляция  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  свидетельствует о наличии по крайней мере двух принципиальных источников карбонат-образующих растворов.

Отсутствие повышенного теплового потока, гидротермальной и вулканической деятельности свидетельствуют о значительном отличии Прилаптевоморского фланга хребта Гаккеля от его западных частей.

Проведенные исследования внесли весомый вклад в обоснование геологической непрерывности между восточной частью хребта Гаккеля и окраиной моря

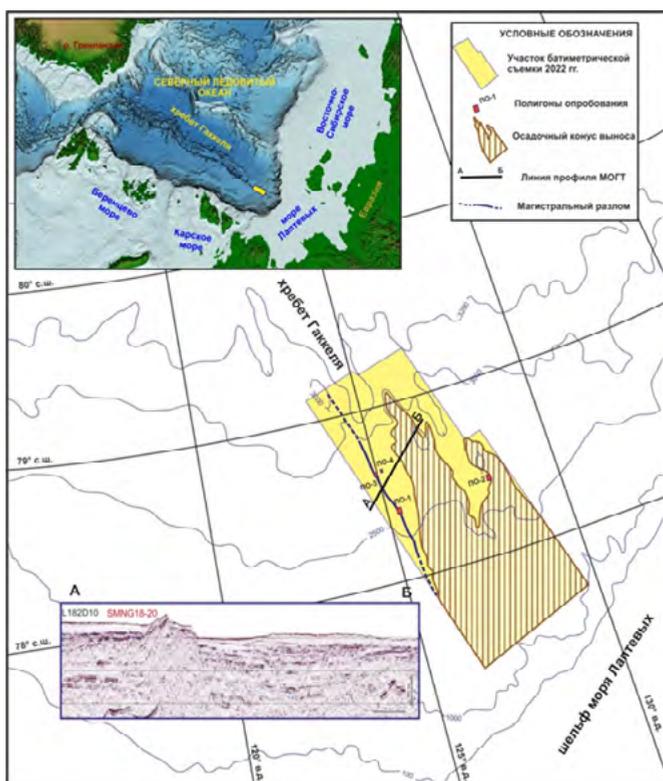
Лаптевых, что является одним из необходимых условий для классификации хребта Гаккеля как подводного хребта (в терминах параграфа 6 статьи 76 Конвенции ООН по морскому праву) и применения к нему лимита в 350 морских миль для проведения государственной границы Российской Федерации, в том числе в укреплении ключевых защищаемых положений Представления Российской Федерации на установление внешней границы континентального шельфа в Северном Ледовитом океане (Заявка Российской Федерации).

Результат получен: в рамках государственных заданий ВНИИОкеангеология, и ВСЕГЕИ. Исследования А.А. Крылова и Е.А. Логвиной поддержаны грантом гранту Российского научного фонда (проект №23-27-00457).

Организация: ГИН РАН.

Публикация:

Каминский Д.В., Чамов Н.П., Крылов А.А., Неевин И.А., Буякайте М.И., академик РАН Дегтярев К.Е., Дубенский А.С., академик РАН Каминский В.Д., Логвина Е.А., Окина О.И, Семенов П.Б., Киль А.О., член-корреспондент РАН Петров О.В., член-корреспондент РАН Покровский Б.Г., Толмачева Т.Ю. Первая находка аутигенных карбонатов на Прилаптевоморском фланге хребта Гаккеля (Северный Ледовитый океан) // Доклады Российской Академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 512. № 2. С. 58–63. DOI: 10.31857/S2686739723601102

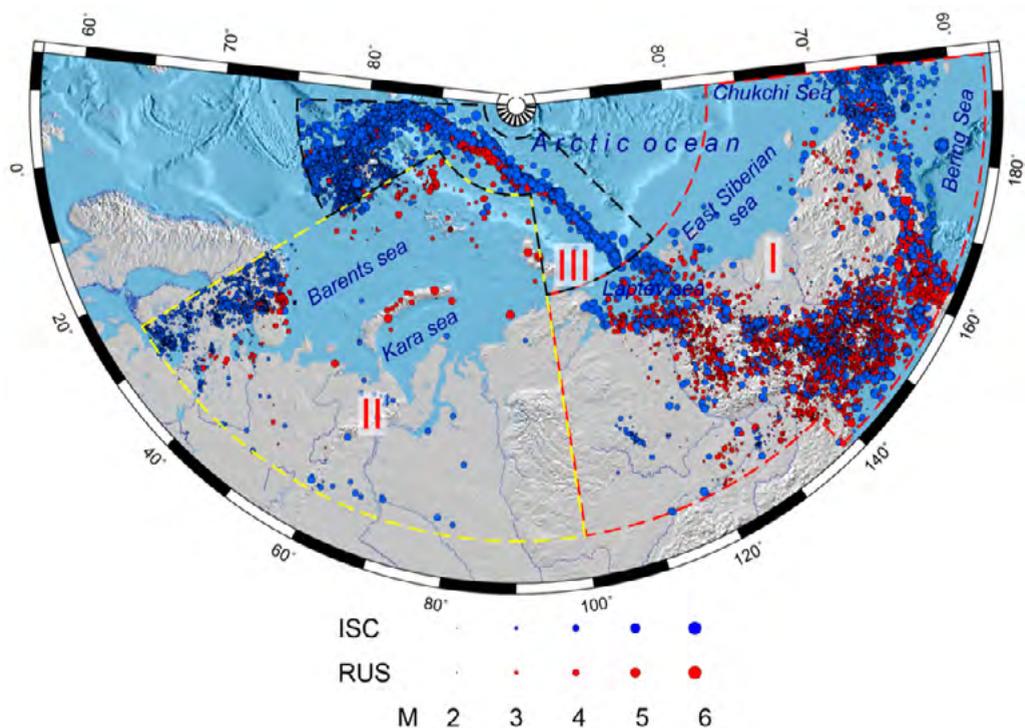


**Рис. 146.** Участок работ экспедиции «Арктика - 2022»  
На врезке: положение хребта Гаккеля в структуре дна Северного Ледовитого океана

## 2. Наиболее полный и представительный каталог землетрясений Арктической зоны Российской Федерации с унифицированной магнитудной шкалой

Грант РНФ № 21-77-30010 «Системный анализ динамики геофизических процессов в российской Арктике и их воздействие на развитие и функционирование инфраструктуры железнодорожного транспорта» рук. д.ф.-м.н. В.А. Пилипенко, г.н.с. ГЦ РАН.

Создан наиболее полный и представительный каталог землетрясений Арктической зоны Российской Федерации (включая хребты Гаккеля и Книповича, а также архипелаг Шпицберген) с унифицированной магнитудной шкалой (Рис. 147). Каталог представляет собой объединение данных о землетрясениях из региональных каталогов ФИЦ ЕГС РАН (Якутия, Северо-восток России, Камчатка, Арктика, Восточно-Европейская платформа и Шпицберген), регионального каталога сейсмической сети ФИЦКИА УрО РАН, регионального каталога западного сектора Арктической зоны Российской Федерации и данных Международного сейсмологического центра. Каталог содержит информацию о 45 793 сейсмических событиях за период 1962–2022 гг. Авторская унифицированная магнитудная шкала, сведенная к  $m_{sc}$ -Mw, является однородной. Каталог выложен в открытый доступ на сайте Мирового центра данных по физике твердой Земли: [http://www.wdcdb.ru/arctic\\_antarctic/arctic\\_seism.ru.html](http://www.wdcdb.ru/arctic_antarctic/arctic_seism.ru.html).



**Рис. 147.** Объединенный каталог землетрясений Арктической зоны Российской Федерации. I – Восточный сектор АЗРФ; II – Западный сектор АЗРФ; III – хребты Гаккеля и Книповича, архипелаг Шпицберген

Организация: ГЦ РАН.

Авторы: Гвишиани А.Д., Воробьева И.А., Шебалин П.Н., Дзедобов Б.А., Дзеранов Б. В.

*Публикации:*

Vorobieva I.A., Gvishiani A.D., Shebalin P.N., Dzeboev B.A., Dzeranov B.V., Skorkina A.A., Sergeeva N.A., Fomenko N.A. Integrated Earthquake Catalog II: The Western Sector of the Russian Arctic // Applied Sciences. 2023. Vol. 13. Is. 12. 7084. DOI: 10.3390/app13127084.

Vorobieva I.A., Gvishiani A.D., Shebalin P.N., Dzeboev B.A., Dzeranov B.V., Sergeeva N.A., Kedrov E.O., Barykina Y.V. Integrated Earthquake Catalog III: Gakkel Ridge, Knipovich Ridge, and Svalbard Archipelago // Applied Sciences. 2023. Vol. 13. Is. 22. 12422. DOI: 10.3390/app132212422.

### **3. Предложен и экспериментально проверен по ключевым стадиям новый метод извлечения лития из сподуменового сырья с использованием гидросульфата аммония (NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>), позволяющий построение замкнутой технологии**

Метод включает: 1) обжиг концентрата для фазовой трансформации LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> его из структуры пироксена ( $\alpha$ -сподумен) в структуру алюмосиликата лития ( $\beta$ -сподумен), способного к ионному обмену, сопровождающийся резким увеличением объёма фазы и её растрескиванию, 2) дробление и отделение  $\beta$ -сподумена от примесных минералов, 3) ионный обмен  $\beta$ -сподумена раствором (в автоклаве) или расплавом гидросульфата аммония, 4) очистка раствора от примесей, 5) осаждение карбоната лития действием карбоната аммония, 6) выделение сульфата аммония и его термическое разложение на гидросульфат аммония, направляемый на стадию 3, и аммиак, частично направляемый на стадию 4, частично – на получение карбоната аммония с утилизацией CO<sub>2</sub> из дымовых газов, образованных на стадии 1 (Рис. 148).

Показано, что степень извлечения лития из  $\beta$ -сподумена при автоклавном выщелачивании зависит от температуры и отношения твёрдое/жидкое, превышая при определённых условиях 90%, а при выщелачивании расплавом – не зависит от температуры и соответствует формированию (NH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>LiH<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>.

Предложенная последовательность бисульфатных процессов может быть эффективно использована и для извлечения лития из природных рассолов с помощью сорбентов или осадителей на основе гидроксида алюминия.

Такой подход является важным для освоения труднодоступных месторождений, где требуются большие затраты по транспортировке сырья или реагентов для выщелачивания.

Организация: ГЕОХИ РАН.

Авторы: академик РАН Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН, лаб. геохимии и рудоносности щелочного магматизма), член-корреспондент. РАН Хамизов Р.Х. (ГЕОХИ РАН, лаб. сорбционных методов), к.г.-м.н. Зайцев В.А. (ГЕОХИ РАН, лаб. геохимии и рудоносности щелочного магматизма), к.х.н. Груздева А.Н. (ГЕОХИ РАН, лаб. сорбционных методов).

Госзадание ГЕОХИ РАН № FMUS-2019-0024 (AAAA-A19-119021490158-9):  
грант Минобрнауки России №13.1902.2021.0018 (соглашение 075-15-2020-802).

Публикация:

Khamizov R.Kh., Zaitsev V.A., Gruzdeva A.N., Features of the Hydrosulfate Method for Processing Alumina-Containing Raw Materials in a Closed Reagent Cycle // Appl. Sci. 2022, V.12, 11057. [https://doi.org/10.3390/app122111057\(Q2\)](https://doi.org/10.3390/app122111057(Q2)).

Подана заявка на патент.

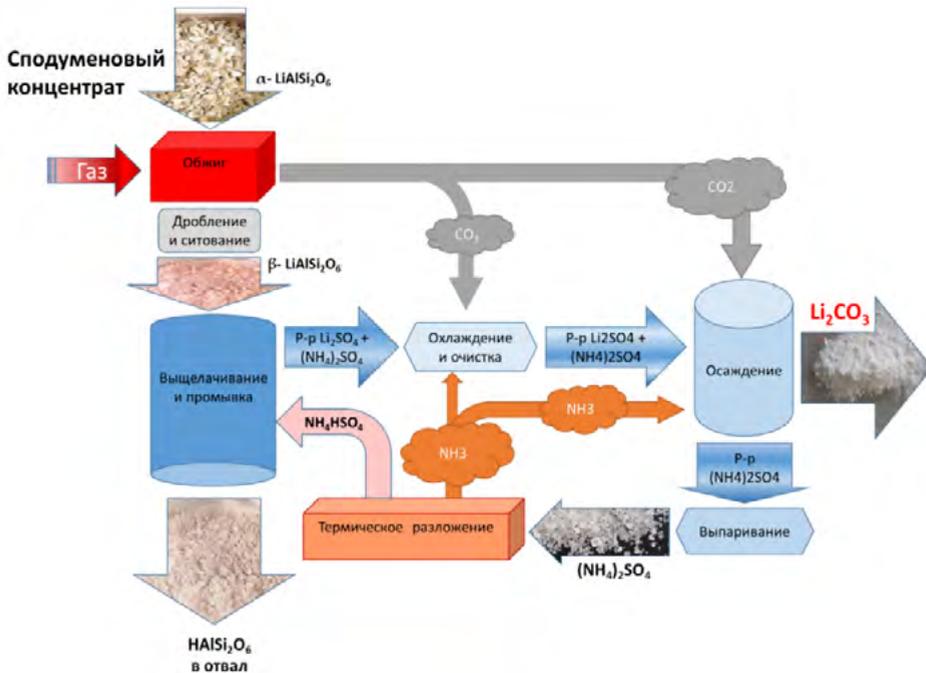


Рис. 148. Принципиальная схема циклического процесса гидросульфатной переработки

#### 4. Повышение точности и достоверности интерпретации геофизических данных для сложных геологических сред с использованием искусственных нейронных сетей и численного моделирования (Рис. 149)

Конечно-элементное моделирование повысило точность определения параметров наклонной электрической макроанизотропии трещиноватых карбонатных коллекторов доюрского фундамента Западной Сибири.

Использование искусственных нейронных сетей:

- увеличило разрешающую способность методов каротажа путем прямой многопластовой инверсии данных;
- дало более достоверную оценку области неединственности решения обратной задачи восстановления вертикальных профилей поперечных сейсмических волн по поверхностным волнам;
- существенно снизила погрешности вычисления времен пробега сейсмических волн в сложных моделях с петлями (Physics-Informed Neural Network).

Организация: ИНГГ СО РАН.

Авторы: Эпов М.И., Глинских В.Н., Нечаев О.В., Петров А.М., Даниловский К.Н., Яблоков А.В., Дучков А.А.

Публикации:

Эпов М.И., Москаев И.А., Нечаев О.В., Глинских В.Н. // Геология и геофизика. – № 6. – С. 882-891. –2023. Doi: 10.15372/GiG2022147, IF 1.13

Леоненко А.Р., Петров А.М., Даниловский К.Н. // Геология и геофизика. – № 9. – С. 1270-1278. –2023. Doi: 10.15372/GiG2023113, IF 1.13

Yablokov A., Lugovtsova Y., Serdyukov A. // Geophysics. – Vol. 88. – No. 9. – P. KS1-KS11. –2023. Doi: 10.1190/geo2022-0261.1, IF 3.26

Grubas S., Duchkov A., Loginov G. // Journal of Computational Physics. – Vol. 474. – 111789. –2023. Doi: 10.1016/j.jcp.2022.111789, IF 4.65

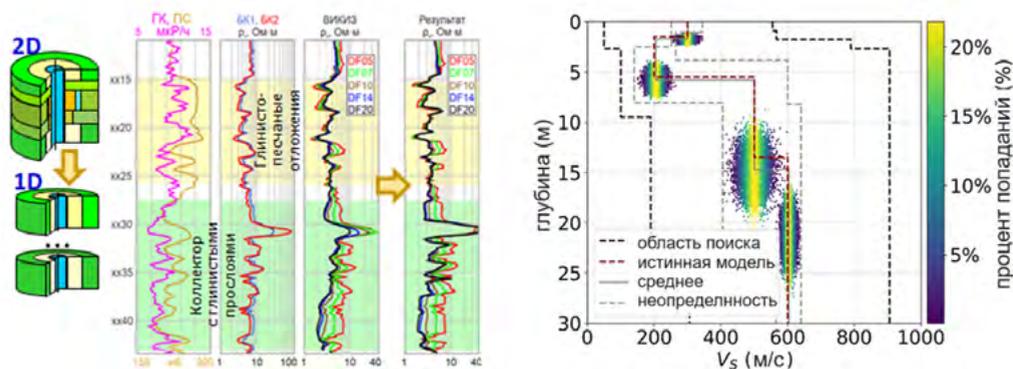


Рис. 149. Коррекция влияния вмещающих пород на сигналы ВЭМКЗ<sup>2</sup> (слева); восстановление профиля поперечных волн с оценкой области неединственности (справа)

## 5. Доказано наличие магматических событий Маккензи и Франклин в Сибири и ассоциация Сибирского и Северо-Американского кратонов в докембрийских суперконтинентах с 1,85 до 0,72 млрд лет

В пределах южной части Сибирского кратона изучены докембрийские магматические комплексы основного состава, имеющие возрастные аналоги на севере Лаврентии (Северо-Американский кратон). Принципиальным результатом стало обнаружение в Сибири свидетельств магматических событий Маккензи (1.26 млрд лет) и Франклин (725–715 млн лет). Анализ новых данных о возрасте, геохимических и изотопных характеристиках изученных пород в совокупности с палеомагнитными данными позволили доказать близкое пространственное расположение Сибирского и Северо-Американского кратонов в докембрийских суперконтинентах Нуна (Колумбия) и Родиния на протяжении более чем миллиардного интервала геологической истории Земли: с 1.85 до 0.72 млрд лет (Рис. 150).

Организация: ИЗК СО РАН.

Авторы: Д.П. Гладкоуб, Т.В. Донская, А.М. Мазукабзов.

<sup>2</sup>ВЭМКЗ - высокочастотное электромагнитное каротажное зондирование

### Публикации:

1. Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Pisarevsky S.A., Kotov A.B., Salnikova E.B., Mekhonoshin A.S., Sklyarov E.V., Demonterova E.I., Mazukabzov A.M., Stepanova A.V., Konstantinov K.M. Mesoproterozoic (ca. 1.26 Ga) Srednecheremshansk mafic-ultramafic intrusion in the southern Siberia: Signature of the Mackenzie event in Siberia // *Precambrian Research*, 2023, v. 390, 107038.

2. Ernst R.E., Gladkochub D.P., Söderlund U., Donskaya T.V., Pisarevsky S.A., Mazukabzov A.M., El Bilali H. Identification of the ca. 720 Ma Irkutsk LIP and its plume centre in southern Siberia: The initiation of Laurentia-Siberia separation // *Precambrian Research*, 2023, v. 394, 107111.

3. Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Демонтерова Е.И., Ефремова У.С. Геохимические критерии разделения протерозойских долеритов даек центральной части Байкальского выступа фундамента Сибирского кратона // *Геохимия*, 2023, т. 68, № 5, с. 488–507.

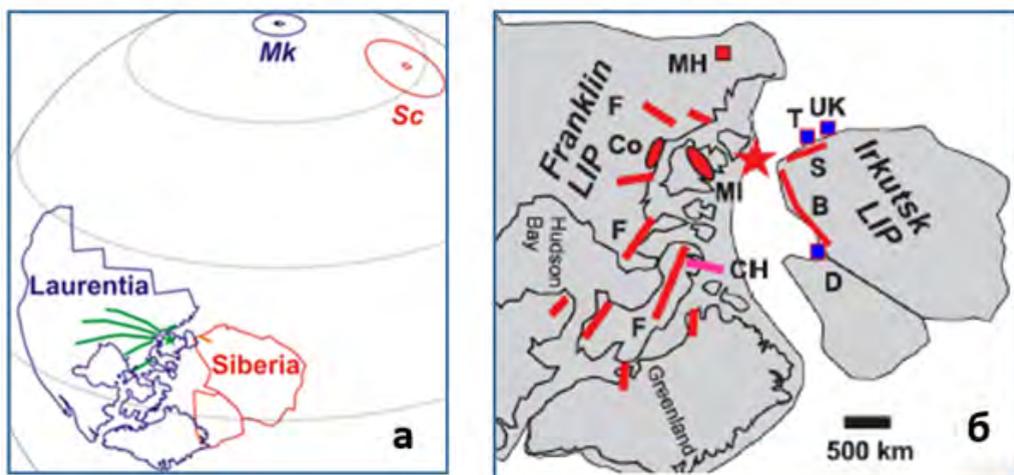


Рис. 150. Реконструкции взаимного расположения Сибирского и Северо-Американского кратонов в мезопротерозое (1,26 млрд лет – событие Маккензи) (а) и в позднем неопротерозое (0,72 млрд лет – событие Франклин)

## Секция океанологии, физики атмосферы и географии

1. Опубликована монография «Исследование Арктической зоны Заполярья России» (Москва, 2023. 229 с.) (Рис. 151), в которой выполнена оценка современных природных процессов в Арктике с позиций теории больших морских экосистем (БМЭ), единства морской среды и биоты с учетом совокупности внешних климатических и антропогенных воздействий. Показана зависимость биоресурсного потенциала арктических морей и экологической безопасности морской деятельности от реакции БМЭ. Отмечается необходимость технического обновления и оптимизации комплексного мониторинга БМЭ, включая его биологическую, экологическую и социально-экономическую составляющие. Сформулированы предложения по основным направлениям исследований в Арктической

зоне России на ближайшие 10-20 лет (1.5.9.4.) (ММБИ РАН (Тема НИР ГЗ ММБИ РАН «Планктонные сообщества арктических морей в условиях современных климатических изменений и антропогенного воздействия», № гос. рег. 121091600105-4), ФИЦ ЮНЦ РАН академик РАН Г.Г. Матишов).

Автор: академик РАН Г.Г. Матишов.

Публикация:

Матишов Г.Г. Исследование Арктической зоны Заполярья России (издание приурочено к 300-летию Российской академии наук) / Г.Г. Матишов; предисл. ак. Г.Я. Красников. – М.: РАН, 2023. – 230 с. – ISBN 978-5-907645-10-3



Рис. 151. Монография «Исследование Арктической зоны Заполярья России»

## 2. Первая в России Национальная гидрологическая моделирующая система

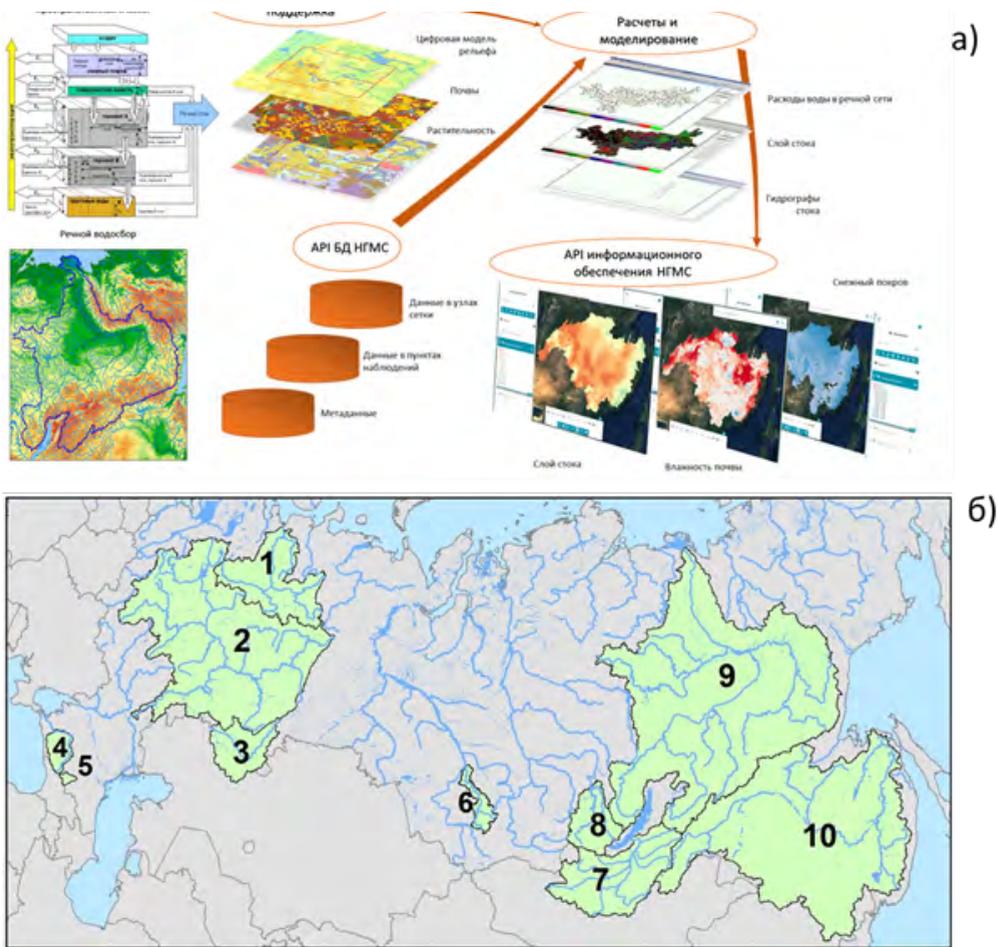
*Соглашение с ФГБУ «ГГО» от 07.04.2023 г. № 03/ВИПГЗ на выполнение НИР по теме «Разработка национальной гидрологической моделирующей системы и базы данных гидрологического реанализа как компонент адаптивной системы гидрологического мониторинга для оценки будущих гидрологических изменений, связанных с ними рисков и поддержки адаптационных водохозяйственных мероприятий».*

Краткая характеристика научного результата:

В соответствии с планом реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИПГЗ) Институтом водных проблем РАН в 2023 году разработана первая в России Национальная гидрологическая моделирующая

система (НГМС). НГМС включает вычислительное ядро, построенное на базе отечественной гидрологической цифровой платформы ECOMAG, и геоинформационную подсистему, содержащую архивную гидрометеорологическую и водохозяйственную информацию, базы данных о характеристиках подстилающей поверхности, параметрах модели, результатах моделирования, ГИС для обработки и визуализации пространственно-распределенной информации (Рис. 152а).

Разработана распределенная структура информационного обеспечения НГМС, включающая подсистему веб-сервисов и программных технологий для работы с потоками оперативных данных системы мониторинга Росгидромета. Выполнена модернизация геоинформационного обеспечения вычислительного ядра НГМС на базе ГИС MapWindow с открытым кодом, что обеспечивает независимость НГМС от зарубежных программных продуктов. Проведено тестирование НГМС для десяти пилотных речных бассейнов, подверженных климатическим рискам (Рис. 152б).



**Рис. 152.** Структура Национальной гидрологической моделирующей системы (вверху) и пилотные речные бассейны, на которых осуществлялось ее тестирование (внизу): 1 – Северная Двина; 2 – бассейны верхней и средней Волги; 3 – Урал; 4 – Кубань; 5 – бассейн Терека (Баксан); 6 – бассейн Оби (Томь); 7 – Селенга; 8 – Ангара; 9 – Лена; 10 – Амур



Расчет скоростей разрушения берегов позволяет установить, что площадь теряемой прибрежной суши этих морей составляет от 10 до 11 кв. км в год. Полученные данные позволяют обеспечить оптимальный прогноз темпов эрозии морских берегов восточного сектора Арктики с учетом предполагаемого потепления климата.

Организация: ИМЗ СО РАН.

Автор: Григорьев М.Н.

Публикации:

1. Свидетельство о государственной регистрации базы данных морских берегов Республики Саха (Якутия) и прогноз их развития № 2023621124 от 06.04.2023 г. (авторы Григорьев М.Н., Разумов С.О., Торговкин Я.И.).

2. Kizyakov, A.I.; Ermolov, A.A.; Baranskaya, A.V.; Grigoriev, M.N. (2023): Morphodynamic types of the Laptev Sea Coast: A Review. Land 2023, 12, 1141. <https://doi.org/10.3390/land12061141>. Импакт-фактор WoS – 3,9.

4. В результате анализа данных двухкоординатного лазерного деформографа, полученных во время прохождения тайфуна Хагупит по акватории Японского моря в 2022 году, исследованы возможности использования результатов обработки для получения информации об основных энергетических характеристиках тайфунов, изучены возможности дистанционного пеленга тайфунов и их самых энергоемких областей. Определены зоны образования первичных и вторичных микросейсм, зарегистрированных двухкоординатным лазерным деформографом (Рис. 154). Установлено, что по зарегистрированным микросейсам можно определить основные характеристики ветрового волнения (период и амплитуда морских волн), порождаемого тайфуном. С использованием дисперсионных уравнений и уравнения Доплера можно решить обратную задачу по определению расстояния от места генерации первичных микросейсм до места образования ветровых волн. В диапазоне микросейсм «голос моря» установлена возможность определения направления на зоны образования микросейсм «голос моря», которые связаны с зонами наибольшей энергоемкости тайфунов.

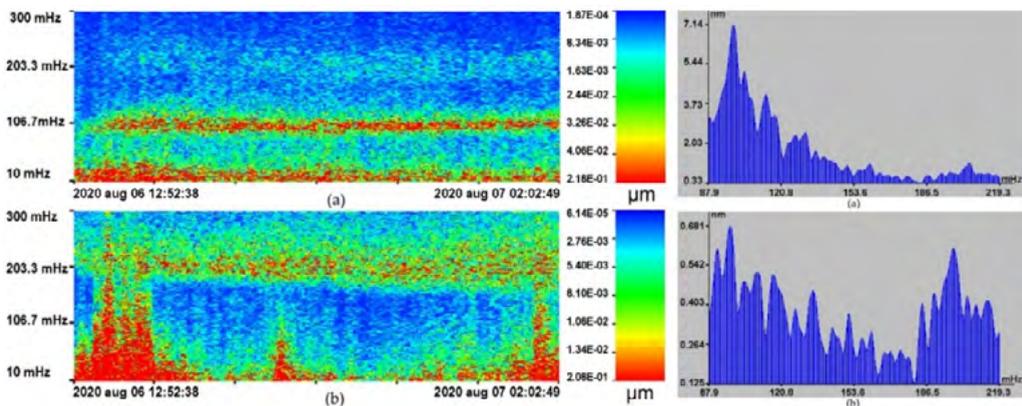


Рис. 154. Динамические спектрограммы и спектры синхронных участков записи лазерных деформографов 52,5 м (а) и 17,5 м (б) в области первичных и вторичных микросейсм

Организация: ТОИ ДВО РАН.

Автор: Чупин В.А.

*Публикация:*

Dolgikh G.I., Dolgikh S.G., Chupin V.A., Davydov A.V., Mishakov A.V. Remote seismoacoustic monitoring of tropical cyclones in the Sea of Japan // Remote Sensing. 2023. Vol. 15(6). Art. no. 1707. DOI: 10.3390/rs15061707. (IF 5,1 Q1)

## **5. Разработано научное обоснование экологической реабилитации бассейна трансграничной реки Урал**

На основе результатов многолетних комплексных исследований разработано научное обоснование практических мероприятий, рекомендуемых для улучшения эколого-гидрологической обстановки в бассейне трансграничной р.Урал на фоне негативных климатических и антропогенных изменений. В рамках НИР «Оценка современного экологического состояния и разработка предложений по экологической реабилитации бассейна реки Урал» проведен анализ современной эколого-гидрологической ситуации на нерестилищах и зимовальных ямах в среднем течении реки Урал, подготовлены рекомендации по внедрению природоподобных технологий и экологической оптимизации степного природопользования, разработана концепция ландшафтно-экологического каркаса территории, подготовлены предложения для работы Российско-Казахстанской комиссии по совместному использованию и охране трансграничных водных объектов, обоснованы основные направления ландшафтно-восстанавливающих мероприятий в трансграничном бассейне реки Урал (Рис. 155). Полученные результаты использованы при реализации государственного контракта «Экологическая оценка последствий регулирования стока в трансграничном бассейне трансграничной реки Урал (Жайык) и разработка научно-обоснованных предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной реки Урал (Жайык)», выполняемого Институтом водных проблем РАН.

Организация: ИС УрО РАН.

Авторы: академик РАН Чибилёв А.А., к.г.н. Сивохиц Ж.Т., к.г.н. Падалко Ю.А., к.г.н. Павлейчик В.М., д.г.н. Левыкин С.В., д.с.-х.н. Гулянов Ю.А., д.г.н. Мячина К.В.

*Публикации:*

Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Региональные эффекты глобальных изменений климата в бассейне реки Урал // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 509. № 2. С. 124-130. DOI: 10.31857/S2686739722602691 (WoS)

Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А. Богарное земледелие в степной и лесостепной зоне бассейна Урала и адаптации агротехнологий к имеющийся влагообеспеченности, как способ сохранения ресурсов поверхности вод // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 1(66). С. 117-125. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-117-125 (WoS)

Падалко Ю.А., Чибилёв А.А. Российско-Казахстанские трансграничные водоемы: типология, динамика, хозяйственное значение // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 1(66). С. 94-101. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-94-101 (WoS)



# ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

## Сведения о состоянии фундаментальных наук

### В области философии

Проведен критический анализ концепций отечественных философов и психологов XX в. (Э.В. Ильенков, Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев и др.), показана актуальность ряда их идей в современных дискуссиях в когнитивной науке, в частности в контексте обсуждения энактивистских подходов, коннекционизма, предиктивных теорий и др. Проведено исследование нормативности сознательного опыта и продемонстрировано, что как картезианский скептицизм, так и натуралистическое объяснение не способны учесть нормативность ментального содержания. Исследованы философские проблемы перехода к посттехногенной цивилизации.

Разработаны методологические аспекты полидисциплинарных параметров современных продвинутых исследований как в области физики, так и в области наук о живом. Исследована коммуникативная и человекоразмерная природа большой науки (меганауки), построенной на сотрудничестве специалистов различных дисциплин в рамках научных исследовательских программ, мотивированных не только на решение фундаментальных проблем, но и на социокультурные запросы и вызовы техногенной цивилизации.

Существенные результаты достигнуты в изучении особенностей онтологии пространства и времени, выходящих за рамки квантовой теории в область трактовки феномена будущего, включающего космические, «тонкие физические» и исторические события.

Важнейшие результаты исследований связаны с разработкой особого российского проекта социальной эпистемологии, представляющего ее как социальную философию науки, который предполагает комплексное взаимодействие между эпистемологией, историей науки, социологией, политическими и культурными исследованиями.

В области биоэтики и гуманитарной экспертизы решалась двуединая задача социо-гуманитарного обеспечения инновационного развития отечественной биомедицинской науки и защиты традиционных гуманистических ценностей российской культуры.

### В области социологии

Анализ развития современного российского общества в контексте цивилизационного подхода направлен на выявление: а) складывающейся социетальной (собственно «русской») модели модерности и ее локальных вариаций; б) встроенности культурных и институциональных паттернов российского общества в множественные региональные конфигурации модерности как с общим, так и разным цивилизационным наследием и историческим опытом; в) включенности «центральных» и «периферийных» структур российского общества в модели модерности, формирующиеся на глобальном уровне.

Большое внимание уделяется функционированию цифровых инфраструктур и их влиянию на социальные процессы, осуществлению городского управления, конструированию городского пространства и памяти, функционированию низовых инициатив. Развивается понимание города как многомерного социального пространства в единстве физических, экономических, нормативных, культурных измерений. Активно ведутся исследования городских градостроительных и экологических споров.

В современных исследованиях социологических проблем здоровья можно выделить два важнейших круга изучаемых вопросов. Один из них связан с социальным структурированием здоровья. Второй круг охватывает вопросы, связанные с пандемией COVID-19.

Демографическая наука в России имеет глубокие исторические корни и продолжает активно развиваться. Основные направления исследований сфокусированы на изучении структуры, динамики, естественного и миграционного движения населения России и зарубежных стран.

Получили дальнейшее развитие исследования проблематики демографического развития и формирования человеческого потенциала в привязке к детерминирующим их экономическим факторам – занятости, уровню жизни, жилищной обеспеченности, физической и ценовой доступности услуг социальных отраслей и др. сохраняя свою актуальность.

Дана характеристика состояния и уровня развития гражданского общества и социального государства, социально-политического и социально-экономического положения в стране и в мире; описано и систематизировано влияние новой гибридной социально-политической реальности (прокси-войны, новые медиа, социальные сети) на устойчивое развитие российского общества; выявлены внешние и внутренние факторы становления гражданской культуры.

Активно развиваются исследования по проблеме социальной регуляции и саморегуляции молодежи.

Накоплен опыт теоретического осмысления и эмпирического анализа социальных явлений и процессов во всех сферах – перемен в социально-экономической жизни россиян, изменений социально-профессиональной структуре, трансформации внутренней социально-демографической ситуации, социально-политических изменений, сдвигов в массовом сознании, социально-культурных пертурбаций. Особое внимание уделяется социальным аспектам национальной безопасности, связанным с усилением опасных для России вызовов и угроз. Ведется последовательная разработка теоретических подходов к исследованию процессов интеграции полиэтничного пространства России и отработка инструментария, позволяющего выявлять латентные компоненты и факторы консолидации российского общества (общегражданской российской идентичности, этнической и территориальной идентичности, роли доверия, патриотизма, исторической памяти в формировании российской идентичности). Особое внимание уделяется региональным моделям межэтнических взаимодействий, проблемам, потенциально способным дестабилизировать социально-политическую обстановку на местах и стать барьерами для консолидации российского общества, процессам интеграции в российское общество представителей мигрантских этнических меньшинств, роли ценностных ориентаций мигрантов и местной молодежи в интеграции мигрантов.

Проанализированы особенности социальной адаптации населения России к условиям длительной неопределенности.

## В области юриспруденции

Продолжено формирование новых направлений фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований правовой теории трансформации исторических, гуманитарных и социокультурных факторов и условий развития современных государств и принципов их взаимоотношений, научной реконструкции и правовой защиты исторического наследия России, других смежных областей социогуманитарных знаний, формирование на его базе научной школы (Нюрнбергские принципы); концептуальные проблемы российской государственности на основе глобализации и цивилизационного развития; уголовно-правовые и криминологические исследования теоретических основ формирования и функционирования уголовно-правовых запретов, уголовной политики, современной теории борьбы с преступностью; развитие и совершенствование уголовно-правовой политики, в том числе влияние цифровых технологий на формирование криминологического статуса общества, отдельных социальных групп и личности, альтернативных систем социального реагирования, направленных на предупреждение и пресечение преступного поведения в обществе; трансформация парадигмы права в условиях цифровой экономики и глобальных изменений международных отношений; обеспечение прав и свобод человека и гражданина в современном мире; взаимодействие личности, общества и государства; создание комфортной правовой среды для глобального технологического лидерства Российской Федерации, дальнейшее развитие предпринимательского права, нормативно-правовое регулирование применения цифровых платформ и промышленного интернета; правовое регулирование вопросов международной информационной безопасности, развитие робототехники, формирование правового статуса искусственного интеллекта; правовые пробелы и коллизии административного законодательства, совершенствование правового регулирования в целях оптимизации административно-правовых форм и методов деятельности органов исполнительной власти, поиск оптимального соотношения контрольной и надзорной деятельности государственного управления; развитие правовых основ внедрения экологически чистых (наилучших доступных) технологий в энергетической сфере; рационального природопользования как элемента обеспечения экологической и продовольственной безопасности страны и др.

Применительно к отдельным отраслям права дальнейшее развитие получили: экологическое право, земельное право, аграрное право, административное право и административный процесс, уголовное право, конституционное право.

Наука международного права в настоящее время видоизменяет направленность исследований, что вызвано несколькими причинами, из которых наиболее очевидны три:

- 1) международное сотрудничество распространяется на новые области государственной деятельности;
- 2) задача унификации множества отдельных норм, формирующихся на основе национальных законодательств различных стран;
- 3) проблемы, порождаемые потеплением климата и др.

Были продолжены исследования фундаментальных проблем правовой политики современной России в условиях глобализации и регионализации. Важнейшими направлениями работы являлись актуальные проблемы российской правовой политики и ее эффективности, связанные с применением цифровых технологий при отправлении правосудия.

## **В области политических наук**

На первый план в общественных науках социально-политического спектра, с одной стороны, выходят исследования по проблемам социальной идентичности, диагностики возможных социальных расколов различного генезиса и путей их преодоления, разработки новых методологий анализа выявления миноритарных ценностных дискурсов и технологий их интеграции в общую канву гражданской идентичности. С другой стороны, необходимость проведения политического курса Российской Федерации во внешних пространствах актуализирует исследования в области повышения эффективности идентитарной политики Российской Федерации за рубежом, совершенствования правового и организационного инструментария для ее осуществления. Важными поддерживающими направлениями в области решения поставленных задач являются исследования в области политики памяти, символической политики, общественной дипломатии.

Актуальной остается проблема формирования и содержания политической идентичности в разных ее измерениях: от гражданской идентичности до идентичности разных социальных и политических групп и общностей, национальной идентичности и, наконец, до макрополитической идентичности.

Особенную важность в настоящее время приобретает изучение проблематики укрепления государственного суверенитета России, формирование социально-ориентированных ценностных установок граждан, дискурс-анализа патриотического мировоззрения – его цели, структуры, трансформации в течение разных исторических периодов, роль в воспитании российских граждан.

Развивающимся направлением являются конфликтологические прогнозы и сценарии региональной ситуации.

## **В области психологии**

В рамках исследования психологических факторов экономического поведения проанализированы влияние экономических кризисов на психологическое благополучие личности, а также роль показателей психоэмоционального состояния общества в экономическом прогнозировании. На основе эмпирических исследований (N=1581, N=485) впервые выявлены психологические механизмы, лежащие в основе экономического оптимизма личности в условиях экономического кризиса.

Продолжен анализ возможностей парадигмы воспринимаемого качества в изучении процессов взаимодействия человека и объектов окружающей среды. Проведен анализ возможных ошибок при реконструкции звука в искусственной среде.

Проводилась исследовательская работа, направленная на выявление механизмов участия личности в макропсихологических процессах, что является весьма значимым на современном этапе, когда общая обстановка в мире очень подвижна и далека от стабильности.

Наряду с политической обстановкой важным является изучение и экономического фактора. В связи с увеличением за последние десятилетия потребительского спроса в общественном сознании заметно возросла социальная значимость денег.

Активно проводились источниковедческие и историографические исследования.

Рассмотрены основные формы междисциплинарности (мультидисциплинарность, собственно междисциплинарность, трансдисциплинарность) в психологической науке, их соотношение с комплексностью, мульти- и межпарадигмальностью, интегративностью и др. Проанализированы факторы развития междисциплинарности на современном этапе психологической науки. Описаны уровни (внутри-, внешне- и внепсихологический) междисциплинарных психологических исследований, анализируется их реализация в различных отраслях психологии – истории психологии, социальной, экономической, инженерной психологии и др.

Выполнены исследования роли общей и профессиональной жизнеспособности в регуляции профессионального взаимодействия в современных условиях. Проведено исследование особенностей формирования стратегий поведения субъекта труда на рынке труда в условиях низкой экологичности среды (в кризисный и в посткризисный период). Исследованы психологические проблемы профессионального взаимодействия человека с объектами высоких технологий в современных условиях. Проведены исследования особенностей профессионального взаимодействия с интеллектуальными системами; субъективного восприятия интеллектуальных систем в процессе трудовой деятельности (инструмент, помощник или напарник); субъективной оценки перспектив и возможностей интеллектуальных систем. Была разработана информационная модель взаимодействия с цифровыми (на примере оператора БПЛА) и интеллектуальными системами (на примере взаимодействия с системой поддержки принятия решений).

## **В области экономики**

В последние годы количество исследований в области экономических наук возросло и их рост продолжается. Первые два десятилетия XXI века прошли в условиях мультикризисности (наложение кризисов различной природы – финансовый, экономический, геополитический кризисы и кризис, вызванный пандемией), что сместило вектор экономической науки в сторону исследований системной устойчивости социально-экономических систем различного уровня, факторов системной динамики и экономической резильентности. Также возросло внимание к фундаментальным основам трансформационной экономики, причины появления которой обусловлены не только стремительным развитием технологий и четвертой промышленной революцией, но и изменением мирохозяйственного порядка. Экосистемный подход, проникающий во все сферы хозяйствования, сегодня становится одним из ключевых подходов в исследовании вопросов сохранения окружающей среды и реализации социальной политики. Накопление больших

данных в экономической науке и развитие методов и алгоритмов их обработки приводят к изменению парадигмы экономических исследований.

Приоритетные направления развития российской экономической науки – это темы, связанные с реализацией приоритетов Стратегии научно-технологического развития, повышением социальной значимости экономических решений, ростом эффективности пространственной организации экономики, отражающие междисциплинарный характер исследований.

В настоящее время большой массив научных работ посвящен проблемам адаптации системы государственного управления к решению задач стабилизации экономики в условиях внешних ограничений и неопределенности, созданию институциональных структур для координации и оперативности управленческих решений. Вместе с тем достижение долгосрочных стратегических целей развития экономики требует перехода от адаптации как «рефлексии на санкции» к институциональной трансформации, направленной на формирование модели государственного управления, отвечающей новым вызовами социально-экономического и технологического характера.

Проводились исследования, направленные на выработку практических рекомендаций в области обеспечения технологического суверенитета, который предполагает наличие в стране критических и сквозных технологий, собственных линий разработки и условий производства продукции для развития реального сектора экономики, и полномасштабного решения социально-экономических задач российского государства.

В свою очередь, это определяет необходимость системного изменения подходов к научно-технологическому развитию страны и особого внимания к формированию научно-технологического контура структурной модернизации, определяющего ядро ключевых технологий, а также инструменты и механизмы их разработки и внедрения в целях снижения импортозависимости и повышения конкурентоспособности российской экономики. Актуальными направлениями исследований в этом направлении становятся конкретизация научно-технологического вектора развития страны и определение научно-технологических приоритетов в рамках обновленной Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, разработка системы мероприятий по укреплению научно-технологического потенциала страны и повышения эффективности его работы, выработка эффективных мер, стимулирующих частный бизнес к инвестиционной и инновационной деятельности в увязке с приоритетными задачами развития экономики в условиях внешних ограничений.

Обоснованы меры по корректировке демпферного механизма, введению мер налогового стимулирования для отечественных производителей, ориентированных на внутренний рынок, развитию долгосрочных инструментов долгового рынка. При этом критический подход преобладал в оценке процентной политики Центрального банка, которая, с одной стороны, была направлена на снижение темпов инфляции, а с другой – создает риски замедления кредитной активности и экономического роста.

Разработан агрегированный индекс инфляции, который учитывает динамику цен по основным сферам и секторам экономики (потребление, промышленность,

сельское хозяйство, транспорт, строительство, финансовый сектор) и позволяет дополнить систему частных показателей инфляции и обобщить их с учетом веса, для определения которого применяются статистические методы. Преимуществом предложенного подхода является стабильность интегрального показателя, поскольку используются не стоимостные величины, а темпы их роста.

Доказано, что политика таргетирования инфляции в условиях структурной перестройки неэффективна, поскольку приводит к замедлению экономического роста, в связи с чем предлагаются иные ориентиры и направления денежно-кредитной политики. Вместо таргетирования инфляции предлагается использовать целевой уровень номинального ВВП, а также применять меры по регулированию валютного курса (обязательная продажа валютной выручки, сохранение ограничений на международное движение капитала, проведение валютных интервенций в валютах дружественных стран). Изучаются возможности использования цифровых валют (криптовалют, стейблкоинов, цифровых валют центральных банков) для осуществления международных расчетов в условиях санкций.

Важную роль в современных условиях играет анализ проблем воспроизводства человеческого потенциала. Выделены пять блоков вызовов, связанных с развитием человеческого потенциала: демографический, технологический, социальный, ценностной и институциональный, которые сопрягаются по двум измерениям: по масштабности и глубине влияния (глобальные, отражающие доминирующие мировые тенденции, и национальные, отражающие специфику той или иной страны) и по ключевым сферам воспроизводства человеческого потенциала (сфера труда, образование, здравоохранение, культура). Использование полученной в результате универсальной матрицы вызовов позволяет, с одной стороны, вписать страну в общемировые тренды развития, а с другой – выявить ее специфику, проследить, как глобальные вызовы преломляются в национальном контексте.

Предложен оригинальный метод оценки устойчивости ресурсного потенциала аграрного производства, основанный на анализе структурных изменений по сформированным группам ресурсов, представленных в методологии системы национальных счетов в качестве ресурсных затрат. Определена общая направленность динамики ресурсного потенциала аграрного производства, характеризующаяся снижением амплитуды структурных сдвигов, и обоснованы возможности новых структурных изменений в ресурсном потенциале аграрного производства на период до 2025 года.

Пространственная экономика – относительно недавно оформленное научное направление, которое признаётся в настоящее время одним из ключевых и быстро развивающихся. Пространственная экономика интегрирует области исследований, затрагивающие различные аспекты пространственных измерений экономической и социальной активности.

В сфере пространственно-ориентированных социально-экономических исследований их текущее состояние в настоящее время определяется, прежде всего, уточнением места и роли факторов пространственного развития и их государственного регулирования в единой системе стратегического планирования. Во многом решение этих задач концентрируется вокруг разработки предложений по радикальному обновлению Стратегии пространственного развития Российской

Федерации до 2025 года. Развиваются подходы к решению как традиционных задач такого регулирования (сокращение меж- и внутрирегиональной экономической дифференциации), так и новых задач в этом направлении (идентификация, территориальная локализация и пути практической реализации различных перспективных «точек роста» в регионах России; реакция на изменение внешнеэкономических приоритетов страны).

Существенно активизируется разработка институциональных проблем пространственного развития и регулирования, которые на данный момент практически не представлены в Стратегии пространственного развития. Это, прежде всего, проблемы развития федеративных отношений и местного самоуправления. Аргументируются положения, касающиеся важности «федерализации» политики пространственного регулирования, тогда как действующая Стратегия пространственного развития фактически утверждает монопольную роль федерального центра в разработке и реализации этого направления социально-экономической политики. Это касается и необходимости разработки и реализации документов пространственного стратегирования на уровне субъектов Федерации. С научных позиций дается уточнение функций и принципов размещения различных институтов развития, решающих в той или иной мере задачи регулирования пространственной структуры российской экономики.

## **В области прогнозирования**

При разработке прогнозов используются различные подходы, в том числе основанные на экспертных оценках, методах математической статистики, системах линейных уравнений (межотраслевых балансах) и других экономико-математических методах. Все перечисленные методические подходы широко используются в мировой практике, и в этом смысле можно считать, что качество прогнозирования в ведущих российских аналитических центрах вполне соответствует международному уровню.

Методики и технологии прогнозирования, применяемые в России, вполне эффективны, поскольку они базируются на методологии сценарного анализа, учитывают широкий спектр факторов социально-экономического развития и в целом соответствуют международному уровню.

За последние десятилетия произошло определенное содержательное упрощение методик прогнозирования, используемых федеральными министерствами и ведомствами. С одной стороны, это вызвано попытками снизить трудоемкость процесса прогнозирования и ускорить получение прогнозных оценок. С другой стороны, это стало следствием спорного посыла о принципиальной невозможности подготовки качественных социально-экономических прогнозов из-за слишком высокой степени неопределенности, затрагивающей все основные факторы развития. На основании этого посыла был сделан вывод, что следует перенести акцент с долгосрочных прогнозов на краткосрочные, т.к. в рамках краткосрочных прогнозов упрощенные методы, основанные на анализе сложившихся тенденций, обычно дают неплохие результаты.

Однако такое упрощение подходов к прогнозированию вряд ли можно считать оправданным. Во-первых, развитие вычислительной техники и алгоритмов об-

работки данных существенно расширяют возможности учета комплексных взаимосвязей и факторов социально-экономического развития. Во-вторых, что более существенно, упрощение методических подходов ведет к исключению (либо неполному учету) множества факторов (особенно социальных, эколого-климатических и научно-технических), которые напрямую влияют на динамику социально-экономического развития. В-третьих, упрощенные методики практически не позволяют реализовать такие важные функции прогнозирования как анализ потенциала экономического роста, своевременное выявление кризисных тенденций, оценку масштаба и влияния структурных сдвигов. Кроме того, упрощенные методики не гарантируют сходимости прогнозных оценок по различным параметрам (например, упрощенный прогноз выпуска может корректно учитывать мощности и спрос, но упустить из внимания недостаток ресурсов) и т.д.

Представляется, что в будущем в мировой и российской практике произойдет возврат к масштабному использованию сложных прогнозных моделей.

**В области экономико-математических методов и моделей** одним из наиболее важных направлений является разработка новых типов моделей большой размерности, особенно разработка и использование агентных, оптимизационных и эконометрических моделей для исследования социально-экономических процессов и инвестиционных программ в условиях глобальной нестабильности и введения санкций, в том числе глобальной агент-ориентированной модели для прогнозирования социально-экономического развития России на различных временных горизонтах с учетом глобального мирового кризиса, СВО и введения санкций, а также комплекса детализированных до уровня отдельных индивидуумов агент-ориентированных моделей, имитирующих социально-экономическую систему Евразийского континента, включая создание системы алгоритмов, имитирующих основные элементы поведения агентов.

Кризис выявил также необходимость развития теории и компьютерно-математического инструментария для анализа и выработки предложений по повышению качества управления социально-экономическими системами. Проводились исследования механизмов управления экономическими процессами и минимизации риска, разработка динамических моделей с использованием аппарата функционально-дифференциальных уравнений, приближенных численных методов решения бескоалиционных игр многих лиц и др. для различных приложений.

Дальнейшее развитие получили вероятностно-статистические методы и модели теоретической и прикладной эконометрики, методы математической социологии, модельных экспериментов в экономике, разработка принципов формирования системы крупномасштабных проектов модернизации экономики, разработка теоретических и методологических подходов для исследования и моделирования продолжительности, качества и образа жизни населения, а также влияния экономической сложности и отраслевой специализации регионов на социально-экономическое развитие, валовой региональный продукт и повышение человеческого капитала. Шла разработка математического и эконометрического инструментария для оценки технологического уровня производства, обоснования приоритетных направлений развития экономики, повышения экономической безопасности и защиты природной среды, а также для изучения динамики общественного настроения населения России и др.

В условиях необходимости решения задач импортозамещения, обеспечения технологического суверенитета, реиндустриализации, цифровизации экономики осуществлялась разработка экономико-математических методов и моделей для исследования развития отраслей повышенного спроса на знания, отраслей наукоемкого сектора экономики и высоких технологий, а также для выявления, анализа и оптимизации влияния макро- и микроэкономических факторов на экономический рост и инновационное развитие с учетом приоритетов государственной научно-технологической, инновационной и экономической политики (в первую очередь фискальной и денежно-кредитной политики, значительного неравенства доходов и др.), а также для анализа и прогноза спроса и предложения специалистов в области науки и техники, в том числе инженерно-технических специалистов.

Была проведена большая работа по разработке рекомендаций по обеспечению экономической, научно-технологической и национальной безопасности в условиях возрастания кибернетических, биологических и других угроз, усиления глобальной нестабильности, риска начала мировой гибридной войны, введения санкций со стороны недружественных государств.

## **Прогноз развития в области Общественных наук**

### **В области философии**

Развитие онтологии и теории познания (эпистемологии), а также философии сознания будет происходить в контексте дальнейшего расширения междисциплинарных исследований когнитивных процессов во взаимодействии философии с нейронауками и исследованиями искусственного интеллекта и углубления связей эпистемологии с другими областями философского знания: прежде всего, философской антропологией, этикой, социальной философией. Главным вызовом в этой области является необходимость выработки новых подходов к познанию и сознанию в связи с изменениями, привносимыми цифровизацией: трансформации процессов получения и обработки информации, коммуникативных практик, информационная перегрузка и т. д.

В области философии науки и техники и междисциплинарных проблем научно-технического развития магистральное направление развития философских исследований будет определяться растущей конвергенцией социогуманитарного, техно-технологического и естественно-научного знания, стимулированной глобальными эволюционными вызовами цивилизации цифровой эпохи, где ключевую роль приобретает искусственный интеллект.

Ключевым вопросом становится вопрос о взаимодействии между технонаукой, философией и жизненным миром человека.

Философия науки и техники будет продолжать исследовать основные вопросы о природе науки, ее методах и достоверности научного знания. Будет осуществляться анализ этических вопросов, связанных с применением инновационных научных знаний и технологий, и проводиться разработка философских оснований для регулирования научно-технического развития, в частности, в таких областях, как философия искусственного интеллекта, философия медицины и биотехнологий, виртуалистика.

На основе анализа мировых тенденций в области развития науки и технологий можно сделать вывод о том, что философия науки и техники будет учитывать аспекты глобального сотрудничества и актуальную повестку, связанную с новым экологическим мышлением и устойчивым развитием.

Развитие социальной эпистемологии будет осуществляться в контексте разработки особого российского проекта социальной эпистемологии, представляющего ее как социальную философию науки – междисциплинарную область знания, которая будет формироваться на основе комплексного взаимодействия между эпистемологией, историей науки, социологией, политическими и культурными исследованиями.

Развитие философской биоэтики и гуманитарной экспертизы будет определяться такой магистральной тенденцией современной цивилизации как двунаправленный процесс формализации (нормативной упорядоченности) человека и гуманизации современных информационных и информационно-коммуникативных технологий.

Вопрос о защите места человеческого в человеке в новой техногенной реальности, реализации принципов уважения человеческого достоинства, автономии и самодетерминации, благодетяния и справедливости будет на каждом этапе возобновляться в новой исторической (технологической) конфигурации. Развитие философии биоэтики и гуманитарной экспертизы является условием успешного ответа на постоянно возобновляемые вызовы прогресса в таких областях, как прецизионная и геномная медицина, трансплантология, репродуктивные технологии, нейронауки, виртуалистика и других стремительно развивающихся областях.

## **В области социологии**

Перспективы исследования состоят в изучении культурных, институциональных и социоструктурных процессов цивилизационных изменений российского общества в их сопряжении с трансформирующимися глобальными и региональными взаимосвязями. Особое значение приобретает новое фундаментальное и практически значимое социологическое знание о механизмах цивилизационных перемен российского социума во взаимосвязи культурных паттернов, институциональных формообразований с социоструктурными трансформациями в условиях современных глобальных, региональных и транслокальных конфигураций и процессов. Разработка концептуально-методологических основ современного цивилизационного анализа направлена на преодоление ограничений, с одной стороны, традиционного для социологии структурно-институционального способа анализа современных и модернизирующихся обществ, а с другой – культурного детерминизма классической теории локальных цивилизаций.

В области социоурбанистики исследование будет сосредоточено на цифровых инфраструктурах, в частности искусственном интеллекте, автоматизирующего городские сервисы (например, транспорта); усилится внимание к «цифровой аскетике», к примерам избегания и обхода технологического надзора и контроля. «Точкой роста» является исследование среды жизни людей в перспективе социологии эмоций: эмоциональные режимы городских/сельских институций или орга-

низаций (например, торговых или досуговых), рассмотрение сообществ граждан как эмоциональных сообществ. Осмысления и переосмысления потребует трансформирование городской среды как новой локальности в контексте глобальных вызовов – миграционных потоков, виртуализации и социальной фрагментации. Исследования затронут адаптацию городов к процессам изменения климата, в том числе исследование рисков и подготовки к чрезвычайным ситуациям, разработку специальных защитных инфраструктур и технологических решений, разработку планов действия в случаях чрезвычайных ситуаций, создание устойчивой (resilient) городской материальности и сообществ.

Важнейшим направлением является продолжение изучения воздействия институционального и культурного контекста современного российского общества на процессы трансформации семьи, гендерных, межпоколенных и сексуальных отношений, а также на социально-структурные неравенства в здоровье. В социологии здоровья дальнейшие исследования будут направлены на углубленный анализ проблемы неравенств в здоровье, изучение социо-психологических факторов для объяснения этих неравенств, а также проявления неравенств и их связи с психологическими и социальными ресурсами личности в разных общественных контекстах. В фокусе внимания исследователей здоровья будут оставаться проблемы пожилых людей, возможностей их привлечения к активной общественной, в том числе и трудовой деятельности, а также проблема формирования культуры доверительных отношений врачи – пожилые пациенты, опирающиеся на активные взаимодействия и взаимопонимание.

Демографическая безопасность, связанная со сбережением народа России, развитием человеческого потенциала, повышением качества жизни и благосостояния граждан, сегодня выступает одной из базовых составляющих Стратегии национальной безопасности Российской Федерации.

Общественная потребность поддержания устойчивого характера социально-политического развития страны в условиях становления многополярного мира будет актуализировать изучение факторов устойчивости, зон риска и актуальных угроз устойчивому развитию в динамике.

Разработки предложений по решению проблемы кадрового голода во многом не были услышаны, однако теперь, когда вопрос кадров стал критически важным, эти наработки могут стать востребованными. Необходим комплексный подход к решению проблем кадрового голода в приоритетных отраслях.

Выявленные тенденции и противоречия изменений в различных сферах жизнедеятельности российского общества обуславливают актуальность фундаментальных разработок структурных и субъектных аспектов социальных изменений. Множество причин трансформаций субъектности, часть которых связана с развитием технологий и внутренними механизмами этого развития, другая детерминирована развитием капитализма в его современных формах, а третья – факторами природными и социокультурными. В этой связи особый интерес представляют цивилизационные факторы и критический анализ их возникновения в историческом контексте. Выявленная направленность изменений социальной структуры, социально-экономических и политических факторов изменений с учетом региональной дифференциации российского общества – одно из ключевых направлений теоретических и эмпирических разработок, выходящих одновременно

на уровень фундаментальных и прикладных задач. Особое значение в условиях нарастающих трансформационных процессов приобретает разработка механизмов отражения изменений в массовом сознании россиян, соотношение ожиданий и реальности, связь ожиданий с представлениями о перспективах развития российского общества, анализ действия социокультурных и социально-психологических механизмов формирования образа будущего. Самостоятельным фундаментальным направлением станет исследование адаптационных процессов в различных социальных группах, выявление ресурсов, способствующих оптимизации стратегий адаптации в этих условиях. Значимым направлением исследования станет теоретическое и эмпирическое обоснование новых ресурсов консолидации и рисков дезинтеграции в пространстве межэтнических взаимодействий. Исследование нематериальных факторов единства российского общества будет продолжено в контексте диалектики коллективистских и индивидуалистических устремлений различных социальных групп, разрешения диалектического противоречия между коллективистскими и индивидуалистическими установками в развитии российского общества. В теоретическом плане будет продолжена разработка факторов устойчивости и изменения институционального порядка.

## Политические науки

В области общественных наук социально-политического спектра, политической философии актуальными на ближайшую и долгосрочную перспективу останутся исследования проблематики государственного суверенитета России, российской цивилизационной, национальной культурной идентичности, как в историческом, так и стратегическом измерениях.

Для Юга России и Северного Кавказа в условиях резкого обострения геополитического соперничества на южном стратегическом направлении, нарастания неопределенности и концентрации рисков ключевым методологическим подходом к изучению и прогнозированию региональных социально-политических процессов становится геополитическая парадигма. Применение геополитического фактора дает возможность оценить уровень угроз экстремизма, терроризма и других деструктивных проявлений в общественной жизни СКФО и ЮФО, а также качество реализации программ социально-экономического развития исследуемых территорий. Учет геополитического фактора в изучении регионального пространства позволяет ввести в научный оборот новые данные о сущности информационной войны, о методах социально-психологического, в том числе конфессионального, воздействия на общественное сознание жителей Юга России с целью формирования протестного настроения, деструктивных форм поведения.

С учетом уязвимости для влияния идеологии экстремизма и терроризма особой задачей является фокусирование исследовательского интереса на такой социально-демографической группе, как молодежь.

Дальнейшей разработки и уточнения требуют методологии и методики конфликтологического прогнозирования и выработки конфликтологических сценариев.

В условиях ведущейся против России гибридной войны большое значение приобретает анализ социокультурных процессов, в частности анализ изменений, происходящих в этнополитической, конфессиональной, культурно-традиционной

сферах. Этничность вновь становится рискогенной сферой. В контексте построения эффективной системы этнополитической безопасности встает проблема центр-периферийных отношений, в частности проблема потенциальной деструктивности, несогласованности отношений федерального центра и регионов России, а также недостаточной горизонтальной межрегиональной связанности.

Возрастает актуальность анализа перспектив функционирования и развития российского федерализма, соотношения федерализма и унитаризма в реальной политике, дальнейшего выбора пространственной организации Российской Федерации с учетом присоединения новых территорий.

## **В области юриспруденции**

Дальнейшее развитие экологического права будет направлено на обеспечение реализации права граждан на благоприятную окружающую среду, предусмотренного Конституцией Российской Федерации. Особенно актуальными в условиях нарастающего в мире экологического кризиса и истощения природных ресурсов станут вопросы правового обеспечения рационального природопользования и комплексной охраны окружающей среды. Возрастет актуальность научно-обоснованного правового регулирования деятельности на территориях с чувствительной природной средой, таких как Арктика. Станут востребованными научные изыскания, направленные на охрану окружающей среды от различных видов загрязнения. Актуальным в обозримом будущем останется противодействие вызовам и угрозам экологической безопасности, обозначенным в «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

В науке земельного права продолжатся исследования проблем рационального использования земель и вовлечения их в хозяйственный оборот, совершенствования учетно-регистрационных процедур в отношении земельных участков как объектов недвижимости, контрольно-надзорной деятельности, деятельности в области градостроительного зонирования земель, установления и изменения видов разрешенного использования земельных участков, защиты прав собственников земельных участков и иных правообладателей, оснований ограничения прав на земельные участки. Не утратят актуальности проблемы оптимального соотношения земельного и гражданского, земельного и градостроительного законодательства, анализу различных споров.

Исследования в науке аграрного права будут направлены на поиск правовых решений, направленных на обеспечение развития высокопродуктивного сельского хозяйства в условиях санкционного давления и импортозамещения, разработку правовых средств преодоления рисков и угроз продовольственной безопасности, устойчивое развитие сельских территорий, использование в сельском хозяйстве биотехнологий, а также развитие мер государственной поддержки аграрного предпринимательства (льготного кредитования, субсидирования, страхования с государственной поддержкой и др.).

Многие исследования по экологическому, земельному и аграрному праву будут носить междисциплинарный характер, так как выполняются «на стыке» экологического, земельного, аграрного права и гражданского права, земельного и градостроительного законодательства и т.п.

Развитие науки административного права и науки финансового права предполагается по следующим направлениям:

- определение роли и места исполнительной власти в системе публичной власти на современном этапе государственного строительства в России;

- исследование административно-правовых средств защиты прав человека труда и его свобод в условиях новых конституционных реалий и путей их дальнейшего совершенствования;

- объяснение сущности новых методов правового воздействия (убеждения, стимулирования, поддержки); их роли и места среди иных способов воздействия на поведение и сознание людей; критериев дифференцированного использования в отношении определенных субъектов и объектов, сфер регулирования; риски от их применения;

- изучение социальной функции государства на современном этапе государственного строительства в России;

- анализ применения административно-правовых приемов, способов, инструментов в целях обеспечения экономической безопасности Российской Федерации и достижения национальных целей развития (административно-правовые и административно-процессуальные аспекты);

- исследование проблемы соотношения нового Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях и ранее принятых Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» и Федерального закона 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»;

- совершенствование правового регулирования и организации государственной службы и муниципальной службы в свете дальнейшего улучшения качества публичного управления;

- анализ проблем развития информационных технологий и информационных систем и последующего их применения в деятельности органов публичной власти, использования социальных сетей в государственных информационных системах и информационных системах, задействованных в органах публичной власти в целях повышения эффективности их управленческой деятельности;

- разработка теоретической концепции финансово-правового регулирования отношений в сфере экономики Российской Федерации;

- определение новых подходов к регулированию финансовых отношений в условиях структурной перестройки мировой экономики и противодействия антироссийским санкциям; исследование правовых вопросов функционирования российского финансового рынка; анализ проблем правового регулирования применения информационных технологий и информационных систем в финансовом праве и др.

Основные направления исследования в области уголовного права будут направлены на оценку состояния уголовного законодательства, подготовку его совершенствования.

Сохранит актуальность проблема бланкетных норм, что требует анализа межотраслевых правовых связей. Продолжатся дискуссии об уголовном проступке, а в случае его появления – о правильности такого законодательного решения, особенно в связи с увеличением в УК РФ количества составов преступлений

с административной преюдицией. Будет возрастать число исследований в отношении объема и способов уголовно-правового реагирования на общественно опасные деяния в сфере высоких технологий и возможностей уголовного права им противодействовать.

Приоритетным направлением предстоящих научных изысканий в области уголовно-процессуального права представляется формирование общей концепции дальнейшего развития уголовного судопроизводства, предполагающей системный характер, правовой прагматизм, соответствие менталитету российского общества и реальным потребностям правоприменительной практики.

В качестве перспективных направлений исследований в области конституционного права могут быть определены институты конституционной идентичности и суверенитета, история, теория и практика их становления и развития.

В науке международного права глобальность мировой экономики, тесная технологическая взаимосвязь между различными государствами делают необходимым и неизбежным изучение дальнейшего тесного международного сотрудничества в выработке новых международно-правовых решений. Особое значение приобретает анализ деятельности международных организаций внутри системы ООН и вне ее.

В области прав человека. В настоящий момент концепция прав человека может послужить необходимой основой для дальнейшего развития российской цивилизации на основе универсальных норм и ценностей, поддерживаемых общепризнанными международными стандартами, углубления межцивилизационного диалога культур и стран, а также стать инструментом для обновления международных инструментов защиты человека в условиях международных конфликтов. Такое понимание прав человека коррелирует с идеями, развивавшимися в отечественной науке.

## **В области психологии**

Перспективы развития психологической науки связаны с анализом целостности человека с помощью комплексного исследования, раскрытием структуры психологического знания и выявлением общих закономерностей его развития, изучением влияния психосоциальных стрессов на психическое здоровье человека, определением тенденций изменения социальных представлений и установок индивидуального и группового сознания в условиях общественных трансформаций, выявлением индивидуальных и групповых факторов психологических отношений личности в различных формах совместной жизнедеятельности. Значимыми темами представляются социально-психологические проблемы активности профессионала в условиях общественного развития, проблемы психологической поддержки лиц экстремальных профессий, психологические особенности формирования представлений и установок на здоровый образ жизни.

В ближайшие годы в российских и зарубежных исследованиях будет расти актуальность и значимость изучения социально-психологических механизмов при переживании трудно контролируемой угрозы, связанной с последствиями военных действий, распространения оружия массового уничтожения, негативных последствий изменения климата и использования цифровых технологий для контроля в условиях «надзирающего капитализма». Будут все более востребованными

исследования, посвященные факторам экономической социализации личности в условиях экономики интернет-платформ, прекарности и новых форм социального неравенства. В области изучения психологического состояния общества все более перспективным направлением становится выделение структуры, типов и динамики психологического состояния российского общества; математическое моделирование социально-психологических процессов в больших группах; исследования динамики групповых процессов на основе анализа цифровых следов интернет-пользователей; изучение макропсихологической динамики на основе корпусных лингвистических исследований (Google Ngrams и др.); психологические аспекты взаимодействия человека с искусственным интеллектом (в том числе большими языковыми моделями типа ChatGPT); изучение влияния индивидуальных и групповых эмоциональных состояний на политические установки; изучение роли ресентимента, трудноконтролируемой угрозы и психотравмирующих переживаний в динамике политических установок, формировании конспирологического мировоззрения и подверженности дезинформации в социальных сетях; психологические последствия изменения климата, субъективное экологическое благополучие, экологические депрессии, психология природоохранного потребительского поведения; экономические ожидания, экономическая социализация, принятие экономических решений и долговое поведение в условиях кризиса.

Дальнейшее развитие получат историко-психологические исследования.

В исследовании познавательных процессов в психологии будут продолжены работы по применению парадигмы воспринимаемого качества для решения задач создания сложных человеко-машинных систем, в которые закладываются элементы искусственного интеллекта.

Общая концепция наиболее ранних проявлений психики будет включена в цикл исследований протопсихики, обосновывающих новое направление психологии (протопсихология).

Перспективным направлением теоретического и методологического психологического знания представляются исследования в области психологии возможного, которая связана с переходом от изучения адаптивного возможного к преадаптивному, соотносимому с неопределенностью, случайностью и реализуемому в невозможном, немыслимом, вне-возможном. Новым является и содержательный анализ неопределенности, выявление ее онтологических и гносеологических аспектов, а также разных видов и типов.

Успешное решение научных задач, ориентированных на сопоставление факторов развития человека как субъекта жизни и его социально-эмоциональной компетентности, определяется разработкой программ исследования модели психического, контроля поведения, коммуникативной функции субъекта, а также трудностей в общении, которые тесно связаны с показателями психологического благополучия личности.

Усиливающаяся тенденция сближения разработок с практикой позволяет прогнозировать появление новых тем, связанных с развитием IT-технологий, расширением виртуальной реальности, языковыми факторами сознания и поведения личности, а также обработкой естественного языка.

Научной значимостью обладают исследования, связанные с разработкой многомерных моделей способностей и ментальных ресурсов, а также выявлением

эффектов взаимодействия способностей и ментальных ресурсов разного уровня, обуславливающих повышение/понижение продуктивности интеллектуальной деятельности и адекватности социального поведения.

В области психофизиологии стало очевидно, что разработка фундаментальных проблем механизмов памяти и научения, требует именно многоуровневых комплексных исследований. Подверженность воздействию стрессорных факторов и риск психической травматизации обуславливает рост востребованности психологической, в т.ч. психотерапевтической помощи, и требует ее научно обоснованного совершенствования.

Не теряют актуальности исследования, направленные на установление фундаментальных психологических и социально-психологических закономерностей формирования и развития профессионального менталитета в современных организациях и информационно-технических системах в условиях цифровой экономики.

## **В области экономики**

В ближайшие годы исследования в сфере экономической науки будут развиваться по следующим направлениям с учетом новых масштабных вызовов в текущих экономических условиях:

В области макроэкономических исследований основной задачей является выработка новой модели социально-экономического развития России, позволяющей нашей стране полноценно адаптироваться к новым геостратегическим условиям, в том числе к масштабным внешнеэкономическим санкциям со стороны недружественных стран и к обусловленным этим резким структурным изменениям в экономике. Такая адаптация должна осуществляться как в краткосрочной перспективе (с целью сохранения макроэкономической стабильности и поддержания уровня жизни населения), так и в долгосрочной перспективе (с целью наращивания человеческого, научно-технологического, производственного, финансового, инфраструктурного потенциала социально-экономического развития России). Кроме того, новая модель социально-экономического развития должна учитывать по-прежнему сохраняющие определенное влияние долгосрочные негативные эффекты для здоровья и качества жизни населения, порожденные пандемией COVID-19. В этой связи отечественной экономической науке необходимо будет:

– сформировать подходы к разработке новой модели долгосрочного социально-экономического развития, ориентированные на экономическую политику, которая не базируется на сугубо технократических принципах, а отвечает за социальные и ценностные вызовы. Эта модель должна обеспечить интенсификацию внутреннего промышленного производства; формирование условий для запуска нового инновационного цикла в обрабатывающей промышленности, в первую очередь машиностроении, что является одним из ключевых условий обеспечения технологического суверенитета России; выстраивание полноценных производственных и логистических цепочек внутри страны; развитие внутренних механизмов финансирования экономического роста при одновременном сохранении социальной ориентированности российской экономики;

– разработать и обосновать меры монетарной политики, не влекущие за собой сдерживание темпов экономического роста, но при этом сохраняющие устойчивость рубля и умеренность темпов инфляции;

– сформулировать и обосновать предложения по мерам и механизмам, которые обеспечат ускорение инновационных процессов и внедрение передовых технологий в российской экономике в новых геостратегических условиях с учетом императива обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации, максимизации использования потенциала научно-технологического развития для интенсификации темпов экономического роста при сохранении сбалансированности социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности Российской Федерации;

– продолжить разработку и научное обоснование комплекса мер, направленных на обеспечение повышения экологической безопасности, устойчивости и защищенности населения, территорий и хозяйственных комплексов к долгосрочным технологическим и эколого-климатическим вызовам развития, включая адаптацию к изменениям климата. В частности, на обеспечение учета в научно-технологической и экономической политике долгосрочных технологических трендов по переходу к экологически чистым, малоотходным и низкоуглеродным (с низким уровнем выбросов парниковых газов) технологиям производства и потребления, а также активного внедрения технологий искусственного интеллекта;

– продолжить анализ трудовых отношений в экономике, исследуя такие аспекты, как взаимосвязь между качеством человеческого капитала и темпами экономического роста, структурные дисбалансы рынка труда в новых условиях, влияние структурных и технологических сдвигов на рынок труда, меры по повышению качества трудовых ресурсов и снижению структурной безработицы и региональных дисбалансов на рынке труда и т.д.;

– продолжить исследования институциональных факторов экономического развития (затрагивающие такие элементы экономической системы, как собственность, капитал, конкуренция, государственная экономическая политика и структуры государственной власти, финансово-банковские институты, государственный бюджет, налоги, уровень экономической культуры и т.д.); результатом этих исследований должны стать предложения по совершенствованию и видоизменению институтов, нацеленные на повышение дееспособности этих институтов в новых экономических условиях.

В области региональных экономических исследований необходимо будет:

– сформулировать и обосновать цели, задачи, принципы, приоритеты, основные направления и механизмы сбалансированного социально-экономического и пространственного развития России в новых геостратегических условиях с учетом необходимости активизации производственных и инвестиционных процессов в регионах, обеспечения их социально-экономической стабильности и преодоления дисбалансов пространственного развития;

– выявить наилучшие сочетания между экономическими полномочиями федеральной власти и полномочиями регионов и муниципалитетов; это необходимо в первую очередь для повышения качества политики регионального развития, устранения межрегиональных диспропорций и полноценного развития всех территорий страны;

– подготовить предложения по повышению качества и результативности экономической политики на уровне регионов и муниципалитетов.

В области микроэкономических исследований необходимо будет продолжить изучение роли предприятий (крупных корпораций, а также малого и среднего бизнеса) и домохозяйств в процессах экономического развития в новых экономических условиях. Для этих целей необходимо:

- продолжить исследование формирования стратегий предприятий по адаптации к резким изменениям внешнеэкономических условий, включая новые подходы и механизмы модернизации производственной базы, привлечения инвестиций, интенсификации инновационных процессов, обеспечения кадровыми ресурсами, выстраивания новых цепочек межотраслевых производственных связей;

- продолжить исследование институциональных факторов, влияющих на поведение предприятий и домохозяйств (взаимоотношения со структурами государственной власти, бюрократические и коррупционные барьеры, уровень и характер рыночной конкуренции; процессы монополизации рынков, неформальная экономическая деятельность и т.д.).

Указанные задачи делают необходимым дальнейшее развитие подходов к исследованию экономического поведения предприятий и домохозяйств, их реакции на экономические процессы и различные меры экономической политики государства, в том числе расширение источников информации за счет анализа больших массивов данных (big data) о транспортных потоках, розничных покупках, телефонных контактах, интернет-запросах и т.п.; а также данных анкетных опросов и социологических интервью.

Важным направлением исследований должна также стать разработка предложений по мерам поддержки предприятий и домохозяйств с целью помочь их выживанию в новых экономических условиях и увеличению их вклада в экономическое развитие нашей страны.

В ближайшие годы исследования в сфере макроэкономического прогнозирования будут развиваться по следующим направлениям:

- во-первых, совершенствование методических подходов к прогнозированию за счет формирования новой системы факторов экономического роста с упором на внутренние факторы развития промышленного производства и повышения производительности труда, структурно-технологической модернизации;

- во-вторых, уточнение моделей прогнозирования, направленное на учет процесса формирования новых международных форм и цепочек экономической и научно-технологической кооперации с целью минимизации негативных последствий антироссийских внешнеэкономических ограничений, введенных недружественными странами;

- в третьих, развитие модельного аппарата прогнозирования и подходов к формированию и верификации рядов исходных данных с учетом частичного закрытия официальной статистической информации на федеральном (Росстат, ФТС и др.) и корпоративном (отчеты компаний и банков) уровнях, с учетом изменений нормативно-правовой базы;

- в-четвертых, дальнейшая интеграция в макроэкономические прогнозные модели эколого-климатических факторов и показателей, включая показатели декарбонизации и адаптации экономики к изменениям климата, а также показателей прогресса в реализации в Российской Федерации целей устойчивого развития ООН до 2030 года.

## **В области компьютерного моделирования**

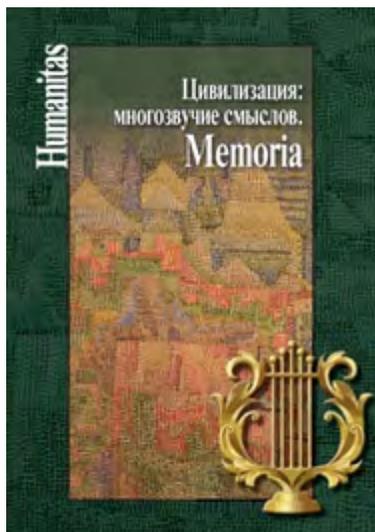
Дальнейшее развитие получают такие направления, как:

- разработка и использование агентных, оптимизационных и эконометрических моделей для исследования социально-экономических, демографических процессов и инвестиционных программ, а также оценки национальной силы государства;
- развитие теории и компьютерно-математического инструментария для анализа качества управления социально-экономическими системами;
- разработка модели формирования общественного мнения;
- развитие вероятностно-статистических методов и моделей, теоретической и прикладной эконометрики, методов математической социологии, модельных экспериментов в экономике; разработка принципов формирования системы крупномасштабных проектов модернизации экономики;
- разработка экономико-математических методов и моделей для исследования развития отраслей повышенного спроса на знания, отраслей наукоемкого сектора экономики и высоких технологий в условиях необходимости решения задач импортозамещения, обеспечения технологического суверенитета, реиндустриализации, цифровизации экономики, а также для выявления, анализа и оптимизации влияния макро- и микроэкономических факторов на экономический рост и инновационное развитие с учетом приоритетов государственной научно-технологической, инновационной и экономической политики (в первую очередь фискальной и денежно-кредитной политики, значительного неравенства доходов и др.) и для анализа и прогноза спроса и предложения специалистов в области науки и техники, в том числе инженерно-технических специалистов;
- разработка математической теории равновесия в экономике знаний, цифровых продуктов и интеллектуальных активов на основе сочетания традиционной и идемпотентной математики, а также методов и инструментов для проведения практических измерений и стоимостных оценок в экономике знаний, цифровой экономике;
- создание единой системной многоуровневой теории и моделей эволюции, функционирования и взаимодействия социально-экономических объектов, процессов, проектов и сред на всех уровнях экономики;
- анализ характера влияния новых технологий на экономические институты, обеспечивающие как взаимодействие государства и бизнеса, так и взаимную координацию деятельности фирм;
- создание и развитие единого и безопасного информационного пространства для экономических исследований с использованием современных и перспективных информационных технологий, в том числе разработка методологии учета, анализа и представления результатов научной деятельности подразделений научно-исследовательской организации;
- создание, опытная эксплуатация и дальнейшее развитие программно-аппаратно-методического комплекса «Ситуационная комната». Разработка и практическая реализация методов технического, информационного и консультационного сопровождения деятельности образовательных организаций.

# ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2023 ГОДУ

## СЕКЦИЯ ФИЛОСОФИИ, ПОЛИТОЛОГИИ, СОЦИОЛОГИИ, ПСИХОЛОГИИ И ПРАВА

### 1. Философия цивилизации. История цивилизационных исследований в Институте философии РАН



Представлена аналитическая панорама истории цивилизационных исследований в Институте философии РАН, которая является первой частью трилогии, посвященной методологии, истории и современным аспектам изучения цивилизации в российской перспективе. Сквозной проблемой её содержания является представление о России как особой цивилизации, ее специфики и самоосознания в современном мире. Реконструированы ключевые методологические подходы к пониманию цивилизации на мировом, региональном и локальном уровнях, определены границы и взаимосвязи этого понятия и близких к нему категорий, обозначены качественные параметры цивилизации в проекции будущего России. Авторами переосмыслены идеи медиации (А.С. Ахиезер), диалога культур

(В.С. Библер), свободы как черты цивилизации (В.М. Межуев, В.Ж. Келле), укрепления ценностей достоинства человека и оснований правового государства как противостояния варварскому сознанию (Н.В. Мотрошилова), перспективы проявления особого культурного потенциала России (А.С. Панарин, В.Л. Цымбурский), точки роста техногенной цивилизации и развитие науки (В.С. Степин). Фундаментальные работы, сформировавшие ключевую повестку в области философии цивилизации, сопровождаются вступительными аналитическими статьями, раскрывающими их новизну и значение.

Организация: Институт философии РАН.

Исполнители: Коллектив авторов под рук. ак. Смирнова А.В.

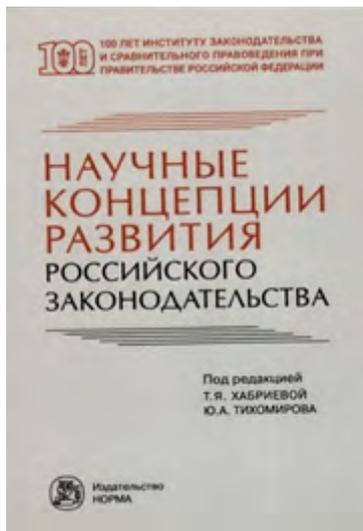
*Публикация:*

Книга «Цивилизация: многозвучие смыслов» (отв. ред. А.В. Смирнов, Н.А. Касавина, С.А. Никольский. М.: Центр гуманитарных инициатив, 2023 г. 540 с.).

Презентация книги состоялась на семинаре «Российский проект цивилизационного развития» (апрель, 2023, Институт философии РАН): <https://iphras.ru/page17677978.htm#gsc.tab=0>

Интервью с ответственными редакторами книги: <https://dzen.ru/a/ZLAM-Cs-TiAvFB-b>

## 2. Научные концепции развития российского законодательства



Разработанные под руководством ак. Хабриевой Т.Я. научные концепции развития российского законодательства, подготовленные под редакцией академика РАН Хабриевой Т.Я., направлены на формирование новых научно обоснованных подходов к развитию законодательства, повышению его качества и эффективности применения.

Важной содержательной составляющей научных концепций развития законодательства являются изложенные в нем научно обоснованные прогнозы развития права и законодательства в целом, оценка рисков реализации тех или иных сценариев их эволюции, расставлены акценты, фокусирующие внимание ученых и практиков на вопросах, требующих проработки и решения, определены главные ориентиры в проектировании норматив-

ных правовых актов с учетом возможностей предвидения и преодоления рисков, необходимости сохранения целостности и устойчивости правового пространства в условиях его непрерывной модернизации.

Концепции представляют собой конструктивный подход для последующей правотворческой и, что особенно важно, реформаторской деятельности в государственном строительстве.

Организация: ИЗиСП при Правительстве Российской Федерации.

Исполнители: коллектив авторов под рук. ак. Хабриевой Т.Я.

*Публикация:*

Монография. Научные концепции развития российского законодательства: монография/ Под ред. академика Т.Я. Хабриевой; Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации; НОРМА. - М.» 2024. - 656 с.

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости.

## 3. Уголовный кодекс Российской Федерации в решениях Конституционного Суда Российской Федерации и Верховного Суда Российской Федерации

Впервые в отечественной юридической литературе представлено постатейное собрание постановлений Конституционного Суда Российской Федерации по делам о проверке конституционности уголовно-правовых норм за период 1997–2023 годов и все действующие постановления Пленума Верховного Суда Российской Федерации по уголовным делам (в ряде случаев – по административным и гражданским делам), сгруппированные по соответствующим статьям Уголовного кодекса Российской Федерации. Отличительной чертой издания является самое современное и актуальное содержание его материалов (по состоянию



на 1 июля 2023 г.), в том числе в издании приводится текст постановления Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 18 мая 2023 года

№ 11 «О практике рассмотрения судами уголовных дел о преступлениях против военной службы». Структура работы и используемые в ней перекрестные ссылки существенно облегчают поиск и применение разъяснений уголовно-правовых норм, помогают исключить ошибки в квалификации общественно-опасных деяний.

Организация: ИГП РАН.

Исполнители: коллектив авторов под руководством члена-корреспондента РАН Савенкова А.Н.

#### *Публикация:*

Подготовлено специализированное научно-практическое издание «Уголовный кодекс Российской Федерации в решениях Конституционного Суда Российской Федерации и Верховного Суда Российской Федерации» / под ред. А.Н. Савенкова, А.И. Бастрыкина (М: Институт государства и права РАН, 2023. 1011 с.).

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости.

#### **4. Воспроизводство специалистов интеллектуального труда: социологический анализ**



На основе результатов общероссийских социологических и экспертных исследований разных лет, данных государственной статистики сделан комплексный анализ характера воспроизводства, в том числе в современных условиях, специалистов с высшим образованием и проблем их подготовки в контексте воспроизводства социально-профессиональной структуры общества в целом. Основную эмпирическую базу составляют итоги научно-исследовательского проекта, реализованного Институтом социологии ФНИСЦ РАН в сотрудничестве с Минобрнауки России и нацеленного на изучение характера выбора выпускниками вузов Российской Федерации жизненного пути и профессиональной карьеры, анализ деятельности вузовских служб содействия трудоустройству выпускников, а также разработка рекомендаций по оптимизации послед-

него. В качестве респондентов были опрошены 4000 молодых специалистов 207 предприятий и учреждений в 41 субъекте Российской Федерации.

Организация: ФНИСЦ РАН.

Исполнители: академик РАН Горшков М.К., к.социол.н. Тюрина И.О., к.филол.н. Шереги Ф.Э.

#### *Публикация:*

Воспроизводство специалистов интеллектуального труда: социологический анализ: [монография] / М. К. Горшков, Ф. Э. Шереги, И. О. Тюрина; ФНИСЦ РАН. – М.: ФНИСЦ РАН, 2023. – 383 с.

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества инаучной значимости.

## 5. Научные подходы в современной отечественной психологии

Проанализированы и систематизированы основные научные подходы современной отечественной психологии. Проведен сравнительный анализ подходов на основе выделенных критериев: ведущие и конкретизирующие понятия, методологические принципы и основные методы. Показаны взаимопроникновение, взаимодополнение и специфика современных научных методов, возможности панорамного представления итогов изучения психических явлений, что создает стереоскопическое видение разных компонентов психической организации и динамики. Впервые представлен «ландшафт» отечественной психологической науки, показавший единство и разнообразие позиций (Рис.156 и Рис. 157).



Организация: ИП РАН.

Исполнители:

Журавлев А.Л., д.п.н.  
Виленская Г.А.

Сергиенко Е.А., д.п.н. академик РАН

*Публикация:*

Монография. Научные подходы в современной отечественной психологии / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е.А. Сергиенко, Г.А. Виленская – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2023. – 759 с. (Методология, теория и история психологии)



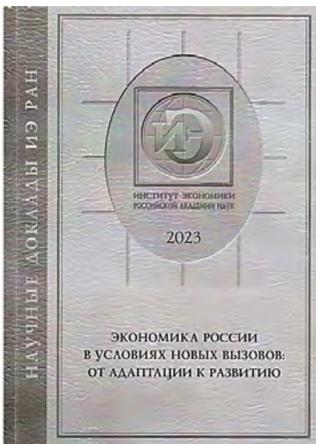
Рис. 156. Генезис научных школ



Рис. 157. Сеть как модель построения научного знания

## СЕКЦИЯ ЭКОНОМИКИ

### 1. Разработка предложений по противодействию экономических санкций



Анализ влияния внешних ограничений на экономику России, связанных с масштабными санкциями со стороны Запада, а также меняющейся конъюнктурой в мировой экономике в контексте их воздействия на динамику ВВП, промышленное производство, инвестиции, потребительский спрос, внешнюю торговлю, научно-технологическое развитие, показал, что благодаря оперативным мерам, принимавшимся Правительством Российской Федерации и Центральным банком Российской Федерации, экономика в целом адаптировалась к новым условиям функционирования. Вместе с тем отмечается, что масштабная санкционная атака имеет накопительное отрицательное воздействие на российскую экономику и формирует

целую систему среднесрочных и долгосрочных рисков и угроз для ее устойчивого развития. В этой связи были разработаны предложения по разработке и реализации системы мер экономической политики, направленных на обеспечение устойчивой стабилизации экономики в текущем периоде, преодоление ее структурно-технологических дисбалансов и формирование нового конкурентоспособного облика национальной экономики в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Организация: ИЭ РАН.

Исполнители: член-корреспондент РАН Головнин М.Ю., д.э.н. Ленчук Е.Б.

Публикация:

«Экономика России в условиях новых вызовов: от адаптации к развитию». Научный доклад (Отв. ред. М.Ю. Головнин, Е.Б. Ленчук // М.: ИЭ РАН, серия «Научные доклады ИЭ РАН», 2023, 131 – с.).

## 2. Цифровой двойник демографической системы планеты

РАН совместно с национальным суперкомпьютерным центром КНР, Шанхайским университетом, IT компанией Milestone Ltd. разработали демографическую агент-ориентированную модель для всего мира (193 стран – членов ООН), позволяющую получать долгосрочные прогнозы численности населения, а также рассчитывать половозрастную структуру всех рассматриваемых государств. В этом смысле построенная модель является цифровым двойником планеты и представляет собой искусственное общество. Важно отметить, что альтернативные прогнозы весьма ангажированы. К примеру, для России и Китая ООН прогнозирует снижение численности населения к концу века на 23% и 47% соответственно, а для США наоборот – прирост на 20%. В этой связи необходимы суверенные прогнозы для формирования более оптимистичных для наших двух стран (России и Китая) информационных потоков. Различные прогнозные сценарии рассчитывались на одном из самых быстрых суперкомпьютеров мира – «Млечный путь-2» (Рис. 158).

Организация: ЦЭМИ РАН.

Исполнители: академик РАН Макаров В.Л., член-корреспондент РАН Бахтизин А.Р.

Публикация:

Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Люо Хуа, Ву Цзе, Ву Зили, Сидоренко М.Ю. (2023): Долгосрочное демографическое прогнозирование // Вестник Российской академии наук, 2023, Т. 93, № 1, стр. 21-35, DOI: 10.31857/S0869587323010048

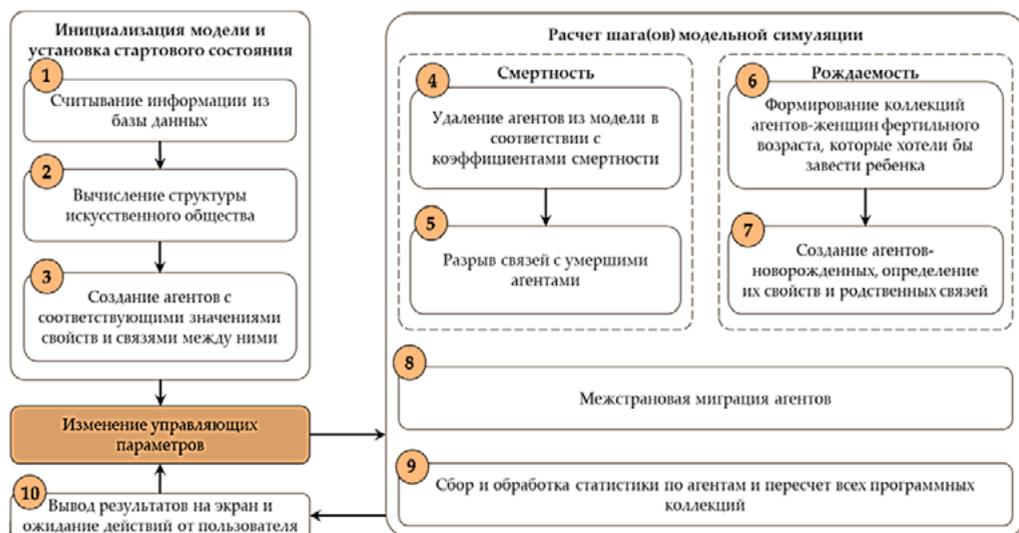


Рис. 158. Расчет прогнозного сценария развития демографической системы планеты

### 3. Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров



Используя новые возможности цифровой экономики, сделаны уникальные разработки, воссоздающие в искусственной среде многомерные модели функционирования реальных социально-экономических систем. Применение таких моделей возможно на любом уровне управления – от предприятия до масштабов страны, способствует обеспечению роста эффективности управленческих решений, важнейшим из которых является повышение качества жизни населения.

Глубокая включенность экономики качества в сквозные процессы цифровой экономики объясняет ее востребованность при построении новых системных механизмов для решения задач цифровой экономики. Применение метрологии, стандартизации, управления качеством при проведении моделирования цифровой экономики целесообразно практически на каждом этапе и повышает уровень прогнозирования при решении сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров.

Организация: ИПРЭ РАН.

Исполнители: академик РАН Макаров В.Л., академик РАН Окрепилов В.В., член-корреспондент РАН Бахтизин А.Р.

*Публикация:*

Монография. Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров. М.: ЛЕНАНД, 2023. - 416 с.

Вольное экономическое общество России и Международный союз экономистов присвоили книге и авторам звание лауреата общественной премии «Экономическая книга года – 2023» по номинации: «Монографии. Экономические фундаментальные и прикладные исследования» за 2023 год.

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости.

### 4. Макроэкономические тенденции развития российской экономики

Проведен комплексный анализ влияния формирующихся в последние годы (с учетом резких изменений с 2022 г.) макроэкономических тенденций и условий функционирования российской экономики на среднесрочную и долгосрочную динамику социально-экономического развития России. Представлены сценарные оценки ожидаемой динамики ВВП России до 2035 г. Предложен комплекс мер экономической политики по интенсификации темпов экономического роста, научно-технологического развития и структурно-технологических трансформаций экономики. Научная новизна заключается в том, что получены прогнозные оценки динамики экономического роста, учитывающие новейшие геостратеги-



ческие изменения и соответствующую корректировку направлений экономической политики. Полученные результаты могут быть использованы Министерством экономического развития Российской Федерации, другими органами исполнительной и законодательной власти для совершенствования долгосрочной экономической и научно-технологической политики России.

Организация: ИНП РАН

Исполнители: коллектив авторов под руководством члена-корреспондента РАН Широва А.А.

*Публикация:*

Экономическая политика / Монография под редакцией А.А. Широва, С.В. Шманева, И.Л. Юрзиновой. – М.:

Прометей, 2023. – 582 с.; Серия статей в научных журналах (в том числе Проблемы прогнозирования и Studies on Economic Development).

## 5. Воздействие климата на здоровье населения



Разработаны методические основы оценки и прогнозирования влияния изменений климата на здоровье населения, разработки стратегий и мер адаптации здравоохранения, социальной защиты населения, природоохранной и метеорологической служб, общественных организаций. Проведен анализ международной практики мониторинга воздействия изменений климата на здоровье населения, в том числе отечественных и зарубежных планов адаптации системы здравоохранения. Выявлены наиболее уязвимые к изменениям климата регионы и группы населения России. Исследована специфика угроз изменений климата здоровью населения Арктики, в том числе коренных малочисленных районов

Севера. Практическая значимость проведенного исследования состоит в том, что полученные результаты могут заложить методическую основу научно обоснованной оценки климатических рисков для здоровья населения, а также позволяют разработать комплекс мер защиты населения от изменений климата на федеральном и региональном уровнях, а также мероприятий в рамках Национального плана адаптации к изменениям климата.

Организация: ИНП РАН.

*Публикация:*

Монография. Ревич Б.А. Меняющийся климат и здоровье населения: проблемы адаптации: научный доклад / Под ред. академика РАН Б.Н. Порфирьева – М.: Динамик Принт, 2023, – 168 с. – (серия: Научный доклад ИНП РАН).

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости.

## 6. Методология моделирования согласованного научно-технологического и пространственного развития экономики индустриально развитых регионов в контексте обеспечения их социально-экономической безопасности

Разработан методический комплекс моделирования согласованного научно-технологического и пространственного развития экономики индустриально развитых регионов, позволяющий применять гравитационные модели как индикативный инструмент прогнозирования нарушения/сохранения устойчивых трендов развития региональных экономик. Новизна данного комплекса обусловлена 1) модификацией гравитационной модели Андерсона и Е. ван Винкоопа с учетом асимметричности значимости объемов внешнеторговых потоков регионов и их международных партнеров, позволяющей сделать прогнозные оценки перераспределения торговых потоков высокотехнологичной продукции с дружественными и недружественными странами в условиях ужесточения торговых барьеров; 2) уточнением методики проектирования норм Фробениуса, позволяющим сопоставлять социально-экономические, экологические и научно-технологические траектории развития экономик; 3) механизмом согласования отраслевых и пространственных приоритетов регионального развития индустриальных территорий, содержащего методическое обеспечение идентификации устойчивых драйверов развития региональных экономик (Рис. 159). Практическая значимость заключается в возможности применения предложенного методического аппарата на всех этапах разработки и реализации стратегий научно-технологического и пространственного развития регионов Российской Федерации.



Рис. 159. Инструментарий моделирования согласованного научно-технологического и пространственного развития экономики

Организация: ИЭ УрО РАН.

Исполнители: группа авторов под руководством д.э.н. Лавриковой Ю.Г.

*Публикации:*

10 статей, в т.ч.:

1. Lavrikova Y., Kuzmin E., Suvorova A., Sang Y. Editorial: What is GLASS? And what prospects does it open for sustainable urban development? // E3S Web of Conferences. 2023. V.435. 00001:1-12. DOI: 10.1051/e3sconf/202343500001 Scopus

2. Lavrikova Y., Kyriakopoulos G.L., Suvorova A. Sustainable development of million cities: Spatial evidence from Russia// E3S Web of Conferences. 2023. V.435. 02001:1-11. DOI: 10.1051/e3sconf/202343502001 Scopus

3. Мартыненко А.В., Мыслякова Ю.Г., Матушкина Н.А., Котлярова С.Н. Моделирование внешнеторговых потоков высокотехнологичной продукции макро-региона в условиях роста торговых барьеров // Экономика региона (Economy of Region). 2023. №19(4). С.1018-1032. DOI: 10.17059/ekon.reg.2023-4-6;

4. Kotlyarova S.N., Shamova E.A. Development Trends and Dynamics of Industrial Specialization in Russian Regions // R-Economy. 2023.NV.9 №4.

5. Вегнер-Козлова Е.О., Шмакова П.А. Роль экологического комплаенса в деятельности промышленных предприятий// Вестник Академии знаний. 2023. №4 (57). С.70-72. DOI: 10.13140/RG.2.2.27669.70883 и др.

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости.

## **7. Развитие горнорудной отрасли (на примере редкоземельных металлов – РЗМ) на основе проектов полного цикла**

Предложен подход к анализу развития горнорудной отрасли (на примере редкоземельных металлов – РЗМ) на основе проектов полного цикла. Одна из ключевых особенностей РЗМ состоит в тесной взаимосвязи и взаимообусловленности процессов обогащения руд и их использования, а также в увязке всех стадий в рамках единой цепочки создания добавленной стоимости (ЦДС). В России в настоящее время таких цепочек или нет, или они очень короткие, охватывают в основном процессы освоения сырьевых ресурсов и получения полупродуктов.

Предлагаемый подход предполагает анализ вопросов встраивания проектов в экономику страны в тесной взаимосвязи с решением научно-технологических вопросов. Ключевая направленность рассматриваемых проектов полного цикла – формирование спроса на конечную продукцию (в случае РЗМ – оксиды и чистые металлы) и его научно-технологическое обеспечение. Предлагаемый подход предполагает управление мультипликативными эффектами, эффектом «обучения», а также управление рудами в отвалах как финансовыми активами.

Организация: ИЭОПП СО РАН.

Исполнители: академик РАН Крюков В.А., к.э.н. В.А. Яценко, к.э.н Я.В. Крюков.

*Публикации:*

1. Крюков В.А., Яценко В.А., Крюков Я.В. Взаимосвязь «РЗМ-Энергопереход» в контексте проектов полного цикла. – DOI: 10.31857/S0016777023050052 // Геология рудных месторождений. – 2023. – Т. 65, № 5. – С. 416–427. RSCI, ВАК.

2. Kryukov V.A., Yatsenko V.A., Kryukov Ya.V. The REM-Energy Transition Interrelation in the Context of Full-Cycle Projects. – DOI: 10.1134/S1075701523050057 // *Geology of Ore Deposits*. – 2023. – Vol. 65, № 5. – С. 438–448. Scopus, WoS.

3. Крюков В.А. Об изучении и освоении стратегических полезных ископаемых в рамках социально-экономически ориентированных проектов полного цикла. – DOI: 10.31857/S0869587323070058 // *Вестник Российской академии наук*. – 2023. – Т. 93, № 7. – С. 605–613. RSCI, BAK.

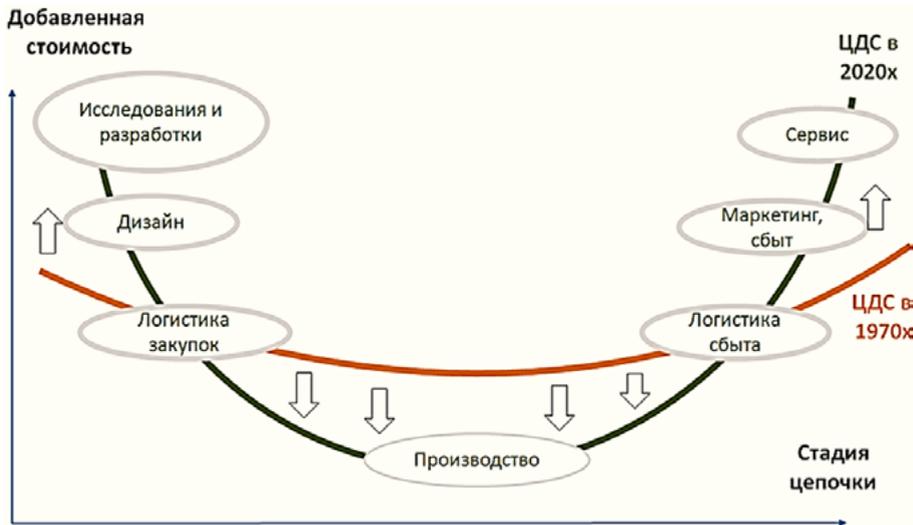


Рис. 160. Приращение добавленной стоимости при производстве условного изделия: сравнение 1970-х и 2020-х годах

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости.

## 8. Социально-экономическое развитие ДВФО России



Разработаны методы оценки системных эффектов в процессах межрегиональных взаимодействий; показаны закономерности развития и динамические свойства экономической специализации в дальневосточном макрорегионе; раскрыты эффекты санкционных шоков в ресурсных секторах; исследованы проблемы формирования и динамики параметров социальной среды макрорегиона. Выявлены динамика, структура и потенциал внешнеэкономического сотрудничества регионов Дальнего Востока; дана оценка взаимозависимости динамики экономической активности в российских регионах, мультипликативных эффектов отраслей специализации Дальнего Востока, а также изме-

нениям интенсивности торговых взаимодействий ДФО с межрегиональной и внешней экономическими системами в разрезе отраслевых рынков, эффектов влияния инструментов государственной политики на функционирование регионов ДФО.

Организация: ИЭИ ДВО РАН.

Исполнители: группа авторов под руководством академика РАН Минакира П.А.

*Публикации:*

Развитие больших социально-экономических систем: дальневосточный макро-регион. Монография под редакцией Минакира П.А., Исаева А.Г. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2023.

Результат получил наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости.

## **КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗА 2023 ГОД С УКАЗАНИЕМ ВОЗМОЖНЫХ СФЕР ПРИМЕНЕНИЯ**

### **1. Научные концепции развития российского законодательства**

Институт-разработчик: Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации.

Руководитель: академик РАН Т.Я. Хабриева.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* разработанные под руководством ак. Хабриевой Т.Я. научные концепции развития российского законодательства, подготовленные под редакцией академика РАН Хабриевой Т.Я., направлены на формирование новых научно обоснованных подходов к развитию законодательства, повышению его качества и эффективности применения.

Важной содержательной составляющей научных концепций развития законодательства являются изложенные в нем научно обоснованные прогнозы развития права и законодательства в целом, оценка рисков реализации тех или иных сценариев их эволюции, расставлены акценты, фокусирующие внимание ученых и практиков на вопросах, требующих проработки и решения, определены главные ориентиры в проектировании нормативных правовых актов с учетом возможностей предвидения и преодоления рисков, необходимости сохранения целостности и устойчивости правового пространства в условиях его непрерывной модернизации.

Концепции представляют собой конструктивный подход для последующей правотворческой и, что особенно важно, реформаторской деятельности в государственном строительстве.

*Публикация:*

Монография. Научные концепции развития российского законодательства: монография/ Под ред. академика Т.Я. Хабриевой; НОРМА. - М.» 2024. - 656 с.

## 2. Что мы знаем об обществе, в котором живём (двадцать выводов по итогам многолетнего социологического мониторинга) Информационно-аналитический материал для экспертного пользования

Институт-разработчик: ФНИСЦ РАН.

Руководитель: академик РАН Горшков М.К.

Краткая характеристика основных технических параметров: учеными Федерального научно-исследовательского социологического центра РАН в 2023 г. осуществлено крупномасштабное общероссийское исследование, результаты которого (в сопоставлении с предыдущими социологическими замерами) позволяют сделать вывод о нарастающей консолидации российского социума. Установлено, что одним из ключевых факторов данного процесса является укрепление на нормативно-ценностном уровне установок на традиции и поддержку большинства, стремление россиян избежать внутреннего раскола. Подобная мобилизация социума – это в сущности его ответ на вызовы, опосредованные в первую очередь внешними угрозами. Новое большинство, заметно расширившееся численно по сравнению с 2021 г., консолидировано, прежде всего, в отношении общего вектора развития и образа будущего России.

В массовом сознании народного большинства происходят трансформации, свидетельствующие о смене парадигмы индивидуализма на парадигму, опирающуюся на главенство интересов общества и государства, стратегию коллективных действий. Объединяющими для нового большинства являются установки на сильное государство, неприменимость к России ценностей либерализма и демократии западного образца.

В целом же есть основания констатировать: российское общество находится сегодня в активной фазе трансформации нормативно-ценностной системы, свидетельствующей о формировании национального культурного кода, в основе которого – традиционные ценности, осознание самобытности и уникальности России.

**Динамика соотношения желающих перемен и стремящихся к стабильности 2011–2023 гг., %**



**Динамика оценок россиянами пути развития России 2012–2023 гг., %**



### Выбор в паре оценочных суждений, июнь 2023 г., %

Россия должна жить по тем же правилам, что и современные западные страны **22,0**

Россия – особая цивилизация, в ней никогда не привьется западный образ жизни **78,0**

vs  
8/8

Рис. 161. Пример выводов по итогам многолетнего социологического мониторинга

### **3. Уголовный кодекс Российской Федерации в решениях Конституционного Суда Российской Федерации и Верховного Суда Российской Федерации**

(Москва, Издательство «Наука», 2023, 1011 с.)

Институт-разработчик: ИГП РАН.

Руководитель: член-корреспондент РАН Савенков А.Н.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* представленная работа – первое специализированное издание, содержащее постатейное собрание постановлений Конституционного Суда Российской Федерации по делам о проверке конституционности уголовно-правовых норм за 1997–2022 гг. и все действующие постановления Пленума Верховного Суда Российской Федерации по уголовным делам (а в ряде случаев – по административным и гражданским делам), сгруппированные по соответствующим статьям Уголовного кодекса Российской Федерации.

*Область возможного использования:* может использоваться в правоприменительной практике Следственного комитета Российской Федерации, судов, органов прокуратуры, адвокатуры, а также при преподавании уголовного права в высших учебных заведениях юридического профиля, научно-исследовательских институтах.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* современная правоприменительная практика не может обходиться без учета правовых позиций Конституционного Суда Российской Федерации и разъяснений, содержащихся в постановлениях Пленума Верховного Суда Российской Федерации. Представленная работа в удобном виде содержит всю необходимую информацию, наработанную судебными органами страны и разъясняющую смысл уголовно-правовых норм, что помогает избежать ошибок в квалификации общественно опасных деяний.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* основанное на детальном знании и понимании судебной практики распоряжение полномочиями органами предварительного расследования существенно влияет на результаты предварительного расследования и повышает вероятность вынесения законных, справедливых и обоснованных решений, в том числе судебных.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* является уникальной научной разработкой, поскольку содержит постатейное собрание постановлений Конституционного Суда Российской Федерации по делам о проверке конституционности уголовно-правовых норм и все действующие постановления Пленума Верховного Суда Российской Федерации по уголовным делам. Ранее представленные работы представляли из себя собрание указанных решений, без привязок к статьям УК РФ.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* получение патента не требуется.

### **4. Влияние новых тенденций в мировой экономике на экономику России и реагирование на них мерами экономической политики**

Институт-разработчик: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Российской академии наук.

Руководитель: член-корреспондент РАН Головнин М.Ю.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* выявлены и изучены новые тенденции в развитии мировой экономики на современном этапе, включая распространение пандемии COVID-19 и санкционное давление со стороны недружественных стран, и их влияние на экономику России (внешнюю торговлю, участие в международном движении капитала и в целом на макроэкономическую динамику); произведена оценка мер экономической политики, направленных на реагирование на новые внешние вызовы; разработаны предложения по совершенствованию экономической политики России.

*Область возможного применения:* данная разработка может быть использована органами исполнительной власти, ответственными за проведение экономической политики (прежде всего, Министерством экономического развития, Министерством финансов, Министерством промышленности и торговли Российской Федерации), а также Центральным банком Российской Федерации при разработке мер экономической политики, направленных на сглаживание негативного действия новых тенденций в мировой экономике, включая антироссийские санкции, на российскую экономику и выработку стратегии экономического развития России.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* предложения готовы к практическому использованию.

## **5. Формирование научно-технологического контура развития экономики Российской Федерации**

Институт-разработчик: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Российской академии наук.

Руководители: член-корреспондент РАН Головнин М.Ю., д.э.н. Ленчук Е.Б.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* разработаны концептуальные подходы и практические рекомендации к формированию научно-технологического контура развития российской экономики в контексте перехода к новой модели развития, обеспечивающей устойчивый экономический рост и технологическую независимость, базирующейся на собственных разработках и инновациях, с учетом внешних ограничений, вызванных беспрецедентным санкционным давлением. Дано обоснование приоритетов структурной модернизации, ее направлений и механизмов с учетом современных научно-технологических вызовов и решаемых задач восстановления технологической независимости. Проведена комплексная оценка степени готовности научно-технологического комплекса страны для ускоренной разработки сквозных и критических технологий и развития производств на их основе. Сформулированы новые подходы к формированию научно-технологической политики в условиях обеспечения технологической независимости.

*Область возможного применения:* данная разработка может быть использована для повышения эффективности государственной научно-технологической и промышленной политики России в рамках работы министерств и ведомств, отвечающих за ее осуществление, а также при корректировке стратегии научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* предложения готовы к практическому использованию.

## **6. Геоэкономический анализ формирования Каспийского региона**

Институт-разработчик: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Российской академии наук.

Руководитель: д.э.н. Вардомский Л.Б.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* исследованы этапы формирования Каспийского региона (КР) как зоны сотрудничества прикаспийских, а также других государств, участвующих в ЕАЭС, СНГ и ШОС, которые отражают их растущее взаимодействие. Конвенция о правовом статусе Каспийского моря как институт согласования интересов стран-участниц позволила запустить процесс саморазвития КР, драйвером которого сегодня становится развитие его транспортной миссии. Концентрация в регионе совместных энергетических и транспортных проектов, осуществляемых по линиям разных региональных объединений, и формирование соответствующих миссий КР позволяет говорить о нем как субрегионе ЕАЭС, СНГ и ШОС. В этом смысле формирование каспийского функционального международного региона рассматривается как одна из возможных моделей формирования Большого евразийского пространства, реализуемая совместными усилиями заинтересованных стран.

*Область возможного применения:* разработка может быть использована в документах стратегического характера по линии профильных федеральных ведомств, а также международных организаций (ЕАЭС, СНГ, ШОС).

*Степень готовности разработки к практическому применению:* предложения готовы к практическому использованию.

## **7. Методика выбора оптимального варианта реформирования системы местного самоуправления в Российской Федерации**

Институт-разработчик: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Российской академии наук.

Руководитель: д.э.н. Бухвальд Е.М.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* разработана оригинальная методика анализа и выбора системы институтов местного самоуправления, в наибольшей мере отвечающая социально-экономическим условиям конкретных субъектов Российской Федерации. Методика дает возможность применительно к тем или иным условиям сформировать наиболее эффективную систему муниципальной организации и муниципального менеджмента, реализовать в ней принцип единства и взаимодействия системы публичной власти и гражданского общества. Методика дает возможность в полной мере реализовать возможности и преимущества муниципального стратегического планирования и практики межмуниципального сотрудничества.

*Область возможного применения:* может быть использована органами муниципального управления и органами государственной власти уровня субъектов Российской Федерации.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* разработанная методика, позволяющая максимально использовать принцип единства и взаи-

модействия всех уровней публичной власти, готова к применению с учетом специфики и возможностей отдельных территорий, а также возможных дальнейших шагов в области муниципальной реформы в стране.

## **8. Цифровой двойник демографической системы планеты**

Институт-разработчик: ЦЭМИ РАН.

Руководители: Макаров В.Л., Бахтизин А.Р.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* ЦЭМИ РАН совместно с национальным суперкомпьютерным центром КНР, Шанхайским университетом, IT компанией Milestone Ltd. разработали демографическую агент-ориентированную модель для всего мира (193 стран – членов ООН), позволяющую получать долгосрочные прогнозы численности населения, а также рассчитывать половозрастную структуру всех рассматриваемых государств. В этом смысле построенная модель является цифровым двойником планеты и представляет собой искусственное общество. Важно отметить, что альтернативные прогнозы весьма ангажированы. К примеру, для России и Китая ООН прогнозирует снижение численности населения к концу века на 23 и 47% соответственно, а для США наоборот – прирост на 20%. В этой связи необходимы суверенные прогнозы для формирования более оптимистичных для наших двух стран (России и Китая) информационных потоков. Различные прогнозные сценарии рассчитывались на одном из самых быстрых суперкомпьютеров мира – «Млечный путь-2».

## **9. Основные направления социально-экономического развития России: обоснование и оценка последствий (по итогам модельных исследований ЦЭМИ РАН)**

Институт-разработчик: ЦЭМИ РАН.

Руководители: Макаров В.Л., Бахтизин А.Р.

*Краткая характеристика основных технических параметров:*

В работе «Основные направления социально-экономического развития России: обоснование и оценка последствий (по итогам модельных исследований ЦЭМИ РАН)» приводятся результаты исследований, основанных на модельных разработках ЦЭМИ РАН и раскрывающих ряд ключевых направлений социально-экономического развития нашей страны. Выявленные проблемы рассматриваются в контексте общей системы факторов, определяющей сегодня результативность развития экономики и общества и включающей инфраструктурные, инновационные, логистические и организационно-управленческие факторы. Особое внимание уделяется проблемам сбережения населения страны, дифференциации регионов и социальных групп, цен на различные категории товаров, неэквивалентности потоков экспорта и импорта. Определяются приоритеты развития отдельных подразделений народного хозяйства, включая обрабатывающую промышленность, строительство, науку и образование. Также выделяются ключевые моменты денежно-кредитной и налоговой политики государства. Подчеркивается необходимость перехода к стратегическому планированию с охватом всех системообра-

зующих подразделений экономики. Исследование содержит результаты оценки последствий реализации предлагаемых мер с использованием математических моделей, что является важным его отличием от многих подобных работ.

## **10. Программа для построения программного средства, использующего знания экспертов**

Институт-разработчик: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук (ИЭОПП СО РАН).

Руководитель: академик РАН В.А. Крюков.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* программа для построения программного средства, использующего знания экспертов, для высокоэффективного решения задач в сфере анализа точек роста территории Азиатской России. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: визуализация гис-слоёв и данных с гис-привязкой и кластеризацией; отражающих современные представления о природно-ресурсном потенциале Азиатской России; построение собственных гис-слоев, проведение импульсного моделирования на основании построения когнитивной карты; разработка прогнозов макропоказателей; загрузка и анализ статистических данных, инвестиционных проектов, данных о компаниях, таможенных данных и данных о технологиях и др.

Области возможного применения: региональные и федеральные органы исполнительной власти, государственные корпорации для формирования стратегий развития.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* готова.

*Возможный эффект от внедрения:* обоснование направлений развития региональной экономики, инструментов прогнозирования, согласования народнохозяйственных и региональных интересов, формирование программных документов стратегического развития регионов, повышение обоснованности управленческих решений.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* на уровне мировых и российских разработок в данной области.

## **11. Методика оценки качества жизни**

Институт-разработчик: ИПРЭ РАН.

Руководитель: академик РАН Окрепилов В.В.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* важным результатом многолетних исследований стала разработка методики оценки качества жизни. Данная методика разработана исходя из потребностей государства, бизнеса и населения в получении научно обоснованной объективной картины качества жизни в России и ее регионах и обеспечена тремя базами данных с закрепленным Роспатентом правом интеллектуальной собственности.

*Область возможного использования:* на разных уровнях исполнительной и законодательной власти – в определении направлений инвестирования средств для повышения благосостояния населения, в бизнесе – для формирования продуктового предложения и повышения конкурентоспособности компаний, в системе регионального управления – в интересах повышения эффективности управления.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* разработанная методика оценки качества жизни готова к применению с учетом особенностей и специфики регионального развития.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* позволяет оценить, выявить и измерить экономико-управленческие эффекты по показателям качества жизни.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* методика является уникальной научной разработкой в части оценки уровня и качества жизни страны и отдельных регионов как научно-методическая основа для получения научно обоснованной оценки динамики качества жизни по совокупности показателей и стандартов.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:*

1) БД Качество жизни (База данных для построения модели качества жизни). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622426. Российская Федерация / В.В. Окрепилов, А.Д. Шматко, Н.Л. Гагулина; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем региональной экономики Российской академии наук». – № 20221622426; заявка № 2021622344 от 28.10.2021; опублик. 09.11.2021. – 1 с.

2) Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Свердловской области). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024620609. Российская Федерация / В.В. Окрепилов, Н.Л. Гагулина, Н.А. Рослякова; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем региональной экономики Российской академии наук». – № 2024620609; заявка № 2024620293 от 31.01.2024; опублик. 07.02.2024. – 1 с.

3) Подана заявка на регистрацию базы данных «Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Ленинградской области)». Авторы: В.В. Окрепилов, А.Д. Шматко, Н.Л. Гагулина, Н.А. Рослякова; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем региональной экономики Российской академии наук».

## **12. База предварительной и послеоперационной обработки данных для построения агент-ориентированной модели трехуровневого иерархического минимаксного управления промышленным комплексом Свердловской области**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководители: член-корреспондент РАН Акбердина В.В., Шориков А.Ф., Романова О.А., Сиротин Д.В., Коровин Г.Б.

*Краткая характеристика научных результатов:* база данных является информационной основой для построения агент-ориентированной модели управления промышленным комплексом региона на примере Свердловской области. Включает: 1) данные, подготовленные для построения статистических моделей описания динамической системы промышленности региона в фазовом пространстве (с учё-

том дефлирования и структурирования); 2) результаты регрессионного моделирования и показатели качества построенных моделей.

*Область возможного использования:* полученные регрессионные оценки могут быть использованы в качестве коэффициентов взаимосвязи основных параметров модели регионального промышленного комплекса, включая фазовый вектор и вектор управления.

*Сведения о регистрации РИД:* свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623786 от 07.11.2023 г.

### **13. Методика анализа и оценки сетевого взаимодействия некоммерческих организаций в системе муниципального менеджмента**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководитель: д.э.н. Урасова А.А.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* в научном исследовании разработана оригинальная методика анализа и оценки сетевого взаимодействия некоммерческих организаций в системе муниципального менеджмента, которая, в отличие от уже имеющихся, основывается на субъектной сущности НКО, дает возможность оценивать функциональные, организационные, процессные показатели НКО, что в совокупности позволяет выявить экономико-управленческие эффекты сетевого взаимодействия НКО и оценивать масштаб их деятельности в системе муниципального менеджмента, обозначать стратегические ориентиры развития территории.

*Область возможного использования:* органы муниципального управления, некоммерческие организации.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* разработанная методика анализа и оценки сетевого взаимодействия некоммерческих организаций в системе муниципального менеджмента, позволяющая привлечь дополнительные ресурсы для развития территории, готова к применению с учетом особенностей и специфики развития системы муниципального управления в конкретных территориях.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* позволяет оценить, выявить и измерить экономико-управленческие эффекты сетевого взаимодействия некоммерческих организаций в системе муниципального менеджмента.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* является уникальной научной разработкой в части оценки экономико-управленческих эффектов сетевого взаимодействия некоммерческих организаций в системе муниципального менеджмента, которые приводят к трансформации ключевых функций муниципального менеджмента.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622504 от 21.07.2023 г. Российская Федерация. База данных измерения динамики развития некоммерческих организаций Приволжского федерального округа на примере данных конкурса Фонда Президентских грантов. Авторы Д. В. Некрасова, М. А. Мухин. Заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук.

#### **14. Методика «Оценка потенциала участия прямых зарубежных инвестиций дружественных стран в развитии высокотехнологичного российского производства»**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководитель: профессор РАН Андреева Е.Л.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* перед российской экономикой стоит задача импортозамещения и развития несырьевого экспорта. При этом не всегда хватает своих технологий и капитала. В этом свете актуальным является измерение потенциала дружественных стран в участии в импортозамещении. Методика предполагает: 1) поиск дружественных стран, имеющих передовые технологии производства в определенной отрасли; 2) определение вариантов стоимости создания производства рассматриваемого профиля. Если в России таковые отсутствуют, то поиск зарубежных и корректировка с учетом стоимости факторов производства; 3) расчёт среднего значения стоимости; 4) сравнение с этой стоимостью годовых объемов потока прямых зарубежных инвестиций (ПЗИ) дружественных России стран, а также суммарных за 5 лет: во сколько раз годичный поток ПЗИ страны-партнёра превышает рассчитанную среднюю стоимость постройки завода заданного профиля; во сколько раз эту стоимость превышает накопленный за 5 лет поток ПЗИ страны-партнёра; какую долю (в %) от своего годового потока ПЗИ необходимо стране-партнёру выделить, чтобы обеспечить инвестиции, необходимые для создания рассматриваемого производства; 5) поиск вариантов содействия развитию высокотехнологичного экспортноориентированного производства.

*Область возможного использования:* применение методики позволит выявить перспективные страны-партнёры и оценить их потенциал для сотрудничества в области высокотехнологичного экспортноориентированного производства.

Степень готовности разработки к практическому применению: готова.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* применение методики позволит выявить перспективные страны-партнёры, в которых можно найти инвесторов для технологического сотрудничества и оценить потенциал участия дружественных стран для его развития с учетом инструментов и механизмов содействия экспорту и импортозамещению в России, а также сформулировать рекомендации по привлечению данных инвестиций. Применение методики позволит сократить издержки, связанные с поиском инвестиционных партнёров и ориентацией в международном пространстве в связи с поиском инвесторов в условиях турбулентности.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* преимущества предлагаемой методики обусловлены тем, что: 1) наиболее распространены методики поиска страны, куда можно вложить инвестиции, но значительно меньше методик поиска страны-инвестора; 2) существующие методики базируются зачастую на экспертных оценках, а предлагаемая методика опирается на расчетные данные и результаты компаративного анализа; 3) предлагаемая методика позволяет инициатору и потенциальному инвестору сориентироваться на начальной стадии с определением возможных объемов производства, экспорта и их поддержки за счет программ содействия.

## **15. Методика типологизации возрастной структуры населения регионов Российской Федерации**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН, Центр социоэкономической динамики.  
Руководитель: д.э.н. Козлова О.А.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* предложен методический инструментарий оценки количественных и качественных изменений возрастной структуры населения регионов России на основе расчета индекса старения (разработанного на базе индекса Сови) и индекса динамики старения (разработанного на базе индекса Длугоша). На основе апробации методического инструментария составлена типология возрастной структуры населения российских регионов: выделено 6 типов и 18 подтипов трансформации возрастной структуры.

*Область возможного использования:* органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации, органы местного самоуправления. Проведение исследований на основе хоздоговоров, проведение экспертных оценок стратегий, государственных программ в рамках реализации Национального проекта «Демография».

*Степень готовности разработки к практическому применению:* готова.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* разработанный методический инструментарий позволяет оценивать общую трансформацию возрастной структуры населения в регионах России, а не только отслеживать региональные процессы старения населения.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* разработка оригинальна и не имеет аналогов.

## **16. Методический инструментарий оптимизации логистических цепей поставок ресурсов на мезо- и микроуровнях в условиях цифровой парадигмы**

Институт-разработчик: Оренбургский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук.

Руководитель: д.т.н. Тяпухин А.П.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* проведенное исследование посвящено проектированию, формированию и оптимизации основных компонентов (ценности, новинки, требования, продукты и/или услуги), объектов управления (предприятия, отношения, процессы и потоки ресурсов), субъектов управления (аппарата управления или лиц, принимающих управленческие решения, и системы управления, включающей цели, задачи, принципы, методы, функции и подходы), в также факторов окружающей среды, предопределяющих эффективность управления коммерческими и некоммерческими бизнес-системами: каналами, цепями, фронтами, эшелонами и сетями. Задачами исследования является обоснование методологии проектирования и структуры прототипа цифрового двойника бизнес-систем и управления бизнес-системами, создающего предпосылки для создания программного продукта нового поколения–агрегата цифрового двойника, целью которого является повышение качества управленческих решений за счет снижения упущенной выгоды звеньев бизнес-системы. Прототип цифрового двойника предусматривает разработку следующих состав-

ляющих: ценности потребителей, аппарат и система управления, бизнес-система в статике, бизнес-система в динамике, факторы внешней среды. Агрегат цифрового двойника предназначен для обоснования и структуризации управленческих решений в бизнес-системах любого типа, используя опыт предшествующих поколений руководителей и возможностей современных информационных технологий, в том числе Интернета вещей, искусственного интеллекта, блокчейна и др.

*Области возможного использования:* коммерческие и некоммерческие предприятия, организации и учреждения, заинтересованные в повышении эффективности и результативности своей деятельности, и бизнес-системы или логистические системы на их основе.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* на основе прототипа цифрового двойника бизнес-систем и управления бизнес-системами планируется разработать итоговый документ: техническое задание на проектирование агрегата данного цифрового двойника, степень готовности которого оценивается в 20%.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* 1) технический эффект будет определен на стадии создания агрегата цифрового двойника бизнес-систем и управления бизнес-системами; 2) экономический эффект от разработки прототипа цифрового двойника определяется посредством снижения упущенной выгоды звеньев данных бизнес-систем благодаря более качественно созданию ценности конечных потребителей продукции и/или услуг.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* на сегодняшний день известны результаты создания цифровых двойников бизнес-систем только одного типа: цепей поставок и тех объектов управления, которые описываются количественными параметрами (физических объектов). Тема НИР Оренбургского филиала ИЭ УрО РАН не имеет аналогов, поскольку принимаются во внимание нефизические: объекты, компоненты, субъекты и факторы, описываемые качественными признаками, которые совместно с физическими объектами формируют бизнес-системы, требующие уникальных управленческих решений в цифровой среде.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* в стадии разработки.

## **17. Количественная оценка индустрии дронов Российской Федерации (база данных в Excel)**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН, Удмуртский филиал, г. Ижевск.

Руководитель: д.э.н. Овчинникова А.В.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* с помощью базы данных в Excel можно получить данные об основных показателях, которые количественно характеризуют индустрию дронов в России за период с 2010 по 2022 г., а также рассчитать основные показатели, характеризующие эффективность деятельности хозяйствующих субъектов индустрии. База данных в Excel содержит следующий перечень собранных показателей: Амортизация; Амортизация нематериальных активов – всего; Амортизация основных средств –

всего; БАЛАНС (актив); БАЛАНС (пассив); в т. ч. покупатели и заказчики; в т.ч.: поставщики и подрядчики; в т. ч. резервы, образованные в соответствии с законодательством; в т. ч. сырье, материалы и другие аналогичные ценности; в т.ч. постоянные налоговые обязательства (активы); Валовая прибыль; Валовая прибыль (убыток); Внереализационные доходы; Внереализационные расходы; Выплаты социального характера работников за отчетный период; Выручка; Выручка (нетто) от продажи товаров, продукции, работ, услуг; готовая продукция и товары для перепродажи; Дебиторская задолженность; Дебиторская задолженность (платежи по которой ожидаются более чем через 12 месяцев после отчетной даты); Дебиторская задолженность (платежи по которой ожидаются в течение 12 месяцев после отчетной даты); Денежные средства; Денежные средства и денежные эквиваленты; Депозитные вклады (долгосрочные); Депозитные вклады (краткосрочные); Добавочный капитал; Добавочный капитал (без переоценки); Долгосрочные финансовые вложения; Доходные вложения в материальные ценности; Доходы будущих периодов; Доходы от участия в других организациях; животные на выращивании и откорме; Задолженность перед государственными внебюджетными фондами; Задолженность перед персоналом организации; Задолженность по налогам и сборам; Задолженность участникам (учредителям) по выплате доходов; Заемные средства; Займы и кредиты; Запасы; затраты в незавершенном производстве (издержках обращения); Затраты на оплату труда; Изменение отложенных налоговых активов; Изменение отложенных налоговых обязательств; Итого по разделу I - Внеоборотные активы; Итого по разделу II - Оборотные активы; Итого по разделу III - Капитал и резервы; Итого по разделу IV - Долгосрочные обязательства; Итого по разделу V - Краткосрочные обязательства; Итого по элементам затрат; Коммерческие расходы; Краткосрочные финансовые вложения; Кредиторская задолженность; Материальные затраты; Материальные поисковые активы; Налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям; Незавершенное строительство; Нематериальные активы; Нематериальные поисковые активы; Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток); Основные средства; Отложенные налоговые активы; Отложенные налоговые обязательства; Отчисления на социальные нужды; Оценочные обязательства; Переоценка внеоборотных активов; Получено в отчетном году бюджетных средств - всего; Постоянные налоговые обязательства (активы); Прибыль (убыток) до налогообложения; Прибыль (убыток) от продаж; Проценты к получению; Проценты к уплате; Прочее; Прочие внеоборотные активы; Прочие долгосрочные обязательства; Прочие доходы; прочие запасы и затраты; Прочие затраты; Прочие краткосрочные обязательства; Прочие кредиторы; Прочие оборотные активы; Прочие обязательства; Прочие операционные доходы; Прочие операционные расходы; Прочие расходы; расходы будущих периодов; Резервный капитал; Резервы предстоящих расходов; резервы, образованные в соответствии с учредительными документами; Результат от переоценки внеоборотных активов, не включенных в чистую прибыль(убыток) периода; Результат от прочих операций, не включаемый в чистую прибыль (убыток) периода; Результаты исследований и разработок; Себестоимость продаж; Себестоимость проданных товаров, продукции, работ, услуг; Собственные акции, выкупленные у акционеров; Совокупный финансовый результат периода; Теку-

щий налог на прибыль; товары отгруженные; Управленческие расходы; Уставный капитал; Уставный капитал (складочный капитал, уставный фонд, вклады товарищей); Финансовые вложения; Финансовые вложения (за исключением денежных эквивалентов); Фонд начисленной заработной платы работников за отчетный период; Чистая прибыль (убыток); Чистая прибыль (убыток) отчетного периода; Чистые активы.

*Области возможного использования:* у пользователя базы данных имеется возможность выбирать значения показателей за различные годы. База данных не требовательна к производительности компьютера и позволяет формировать данные в реальном времени. Данные могут быть использованы Федеральными и региональными органами законодательной и исполнительной власти, в том числе отвечающими за инновационное/технологическое развитие и предпринимательство (Минэкономразвития Российской Федерации и др.), а также Институтами развития инноваций и предпринимательства (Сколково, ТПП, РСПП, Деловая Россия и др.), Компаниями индустрии дронов.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* база данных в Excel сформирована и готова к использованию.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* база данных в Excel предназначена для количественной оценки индустрии дронов в России за период с 2010 по 2022 г. и с ее помощью можно оценивать динамику деятельности компаний индустрии. На основании полученных данных можно формировать прогнозные сценарии развития индустрии дронов в Российской Федерации. Сравнивать российскую индустрию дронов с общемировой индустрией. База данных в Excel будет полезна при принятии решений о государственной поддержке индустрии дронов и разработке стратегии развития индустрии.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* у пользователя базы данных имеется возможность выбирать значения показателей за различные годы. База данных не требовательна к производительности компьютера и позволяет формировать данные в реальном времени.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* в стадии разработки.

## **18. База данных информационной системы для оценки состояния воздушной среды**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководители: д.г.-м.н. Семячков А.И., д.г.н. Почечун В.А., д.ф.-м.н. Шориков А.Ф.

*Краткая характеристика научных результатов:* разработана база данных для оценки состояния воздушной среды.

*Область возможного использования:* база данных предназначена для научного, практического и учебного применения и может быть полезна специалистам, решающим задачи рационального природопользования и управления воздушными ресурсами в промышленных регионах.

*Сведения о регистрации РИД:* получено свидетельство о государственной регистрации «базы данных информационной системы для оценки состояния

воздушной среды». В базе данных (БД) сосредоточены данные о натуральных показателях состояния воздушной среды по регионам Российской Федерации за период с 1991 по 2018 года. Показатели отражают: выбросы загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха (тыс. т); объемы улавливания загрязняющих веществ (ЗВ), отходящих от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха (тыс.т); затраты на охрану атмосферного воздуха и предотвращения изменения климата (млн.руб.); объемы инвестиций в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха (млн руб.)

База данных представлена в форматах XLSX, CSV для программного обеспечения: MicrosoftExcel, Access; OpenOffice, LibreOffice. Данные форматы возможно использовать в экосистемах средств программирования: Python; R (язык программирования).

*Сведения о регистрации РИД:* на базу данных получено свидетельство о государственной регистрации в Роспатенте № 2023619437 от 25.05. 2023 г.

### **19. Программа для ЭВМ: «Интеллектуальный компьютерный программный комплекс «Прогнозирование состояния, оценивание состояния и оптимизация управления состоянием дискретных динамических систем – PredEstOptCont-2023»**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководитель: д.ф.-м.н. Шориков А.Ф.

*Краткая характеристика научных результатов:* данный программный комплекс позволяет реализовать компьютерное моделирование решения задач прогнозирования состояния, минимаксного оценивания состояния и оптимального терминального управления состоянием для различных классов линейных дискретных управляемых динамических систем при наличии фазовых ограничений и ограничений на управляющие воздействия (управления) в виде многогранников-компактов, описываемых своими вершинами или множествами решений совместных систем линейных алгебраических уравнений и неравенств в соответствующих конечномерных векторных пространствах. Полученные результаты компьютерного моделирования отображаются в табличной и графической формах. Программный комплекс PredEstOptCont-2023 может использоваться в качестве инструментального средства для компьютерного моделирования при создании систем поддержки принятия управленческих решений и автоматических регуляторов для сложных динамических технических, экономических и др. объектов и процессов.

*Область возможного использования:* программа для ЭВМ: «Программный комплекс «PROGNOZ-2022» для реализации построения и минимаксного оценивания областей достижимости (прогнозных множеств) линейных дискретных управляемых динамических систем».

*Сведения о регистрации РИД:* свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023668054 от 23 .08.2023 г.

## 20. Методический инструментарий оценки процессов цифровой трансформации промышленности

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководитель: д.э.н. Урасова А.А.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* в научном исследовании решена задача по разработке методического инструментария оценки процессов цифровой трансформации промышленности, основанный на положениях экосистемного и процессного подходов, отличающийся учетом динамических характеристик промышленных и технологических изменений и предусматривающий два уровня исследования в рамках единого цифрового пространства: а) на отраслевом уровне разработана методика стратегического позиционирования отраслей промышленности на матрице цифровой трансформации; б) на уровне промышленных предприятий разработана нейросетевая модель диагностики уровня системности процессов цифровой трансформации, включая степень охвата бизнес-процессов, потенциальные экономические эффекты и стратегические ориентиры внутрифирменного планирования. Методический инструментарий позволяет детализировать направления цифровой трансформации для ключевых отраслей промышленности на основе расчета агрегированных показателей, формировать оптимальную конфигурацию цифровых решений для промышленных предприятий и оценивать уровень соответствия приоритетов цифровизации на предприятиях отраслевым приоритетам.

*Область возможного использования:* основными потребителями могут быть отраслевые органы государственного управления и промышленные предприятия.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* разработанный инструментарий направлен на решение крупной народно-хозяйственной проблемы разработки эффективных механизмов, определяющих стратегические приоритеты цифровой трансформации промышленности в условиях перехода отраслей и предприятий к Индустрии 4.0, ускорения процессов технологической модернизации отраслей, готов к применению с учетом особенностей и отраслевой специфики субъектов Российской Федерации.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* повышение эффективности отраслей промышленности и отдельных предприятий на основе ускорения темпов цифровизации производственных процессов и, как следствие, экономического роста.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* достоинствами методического инструментария являются: возможность оценки уровня цифровой трансформации отрасли и предприятия, диагностики отраслевых приоритетов, прогнозирования конфигурации цифровых решений для максимального соответствия стратегических ориентиров предприятия отраслевым приоритетам, следование которым требует использования передовых инструментов внутрифирменного и стратегического планирования.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665928 от 21.07.2023 г. Российская Федерация. Нейросетевая модель цифровой трансфор-

мации предприятий и отраслей промышленности Российской Федерации. Разработчики: А. А. Урасова, А. М. Бочкарев. Заявитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук.

## **21. Программа для ЭВМ «Получение данных о трудовой миграции на основе профилей пользователей социальной сети «ВКонтакте»**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководители: м.н.с. Саломатова Ю.В., Саломатов Н.И.

*Краткая характеристика научных результатов:* программа представляет собой инструмент для анализа данных из социальной сети «ВКонтакте». На вход программа принимает идентификатор населенного пункта Российской Федерации. В процессе работы программы производится считывание открытых данных профилей жителей заданного населенного пункта Российской Федерации. После чего по данным о карьере пользователей происходит анализ трудовой миграции, агрегируется полученная информация: в каких населенных пунктах работают жители заданного. В результате работы программы формируется файл расширения «.csv», который доступен для дальнейшего анализа и обработки. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК. Язык программирования: Python. Вид и версия операционной системы: Windows 10. Объем программы для ЭВМ: 12 Кб

*Область возможного использования:* База данных является информационной основой для построения агент-ориентированной модели управления промышленным комплексом региона на примере Свердловской области. Включает: 1) данные, подготовленные для построения статистических моделей описания динамической системы промышленности региона в фазовом пространстве (с учётом дефлирования и структурирования); 2) результаты регрессионного моделирования и показатели качества построенных моделей.

*Сведения о регистрации РИД:* свидетельство о государственной регистрации Программы для ЭВМ № 2023619437 от 11.05.2023 г.

## **22. Обоснование необходимости оптимизации формирования и распределения доходов и расходов населения**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководитель: д.э.н. Артемова О.В.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* на основе социологического опроса 247 домохозяйств проведено исследование по благосостоянию домохозяйств российского региона (Челябинской области), в частности, определены уровень и степень дифференциации доходов и расходов применительно к работающим в сфере образования в разрезе территорий, типов образовательных учреждений и категорий работников образования. Проведена сравнительная оценка доходов работников, зафиксированных в опросе с такими индикаторами, как прожиточный минимум, среднемесячные доходы в сфере образования в целом по региону, что позволило оценить текущую ситуацию по доходам работников образова-

тельной сферы, показать, насколько значимость труда в образовании соответствует получаемой заработной плате и в целом доходам в этой сфере. Выявлены факторы, существенно влияющие на расходы домохозяйств (уровень доходов домохозяйств, уровень цен, государственные расходы, ставки налогов, процентными ставками).

*Область возможного использования:* федерации профсоюзов Челябинской области.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* разработанный алгоритм анализа и оценки благосостояния домохозяйств российского региона с позиций уровня и структуры их доходов и расходов готов к применению для обоснования необходимости оптимизации формирования и распределения доходов и расходов населения.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* позволяет выявить и измерить экономико-управленческие эффекты социального партнерства в рамках трёхстороннего соглашения регионального уровня.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* является оригинальной научной разработкой в части оценки экономико-управленческих эффектов социального партнерства в рамках трёхстороннего соглашения регионального уровня.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* отсутствуют.

### **23. Территориальная локализация объектов социальной инфраструктуры**

Институт-разработчик: ИЭ УрО РАН.

Руководитель: д.э.н. Логачева Н.М.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* проведен картографический анализ насыщенности объектами инфраструктуры здравоохранения (на примере амбулаторно-поликлинических организаций) городов-миллионников, расположенных в УрФО (Екатеринбург, Челябинск). В анализе учитывались наличие объекта на территории и его локализация (что задает пространственно-временной компонент доступности), спектр и качество предоставляемых услуг в конкретном медицинском учреждении (медицинская база, кадры и пр.), демографическая структура и динамика населения (т.к. оно формируют запрос на медицинские услуги).

*Область возможного использования:* органы государственной власти субъектов Российской Федерации по градостроительной деятельности, региональные министерства здравоохранения, администрации МО.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* разработанные подходы готовы к применению в качестве рекомендаций для обоснования оптимальной территориальной локализации объектов социальной инфраструктуры в городах-миллионниках.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:* позволяет оценить необходимость синхронизации нормативных требований, связанных с территориальной доступностью, численностью обслуживаемого населения на одну организацию, и условиями комплексного развития территорий, что задает

нормативные контуры и оказывает влияние на особенности пространственного размещения объектов социальной инфраструктуры.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* является оригинальной научной разработкой в части территориальной локализации объектов социальной инфраструктуры в городах-миллионниках.

## **24. Современные демографические процессы: здоровье и здравоохранение**

Институт-разработчик: ВолНЦ РАН.

Руководитель: д.э.н. Шабунова А.А.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* подготовлено и опубликовано учебное издание «Современные демографические процессы: здоровье и здравоохранение»: А.А. Шабунова, О.Н. Калачикова, М.А. Груздева, К.Н. Калашников, Н.А. Кондакова, А.В. Короленко, Л.Н. Нацун, М.В. Морев, Ю.Е. Шматова. - М. : ИНФРА-М, 2023. - 223 с. Издание нацелено на популяризацию демографического образования, формирование у слушателей курса компетенций в сфере демографического развития, учета демографических трендов и закономерностей при реализации социально-демографической и экономической политики и базируется на результатах научного исследования коллектива авторов под руководством д.э.н. А.А. Шабуновой.

*Область возможного применения:* курс может быть реализован в деятельности образовательных организаций в программах магистратуры, бакалавриата, курсах переквалификации и повышения квалификации.

*Степень готовности к практическому применению:* программа готова к апробации.

*Возможный эффект от внедрения:* продвижение демографического образования, формирование кадрового потенциала эффективной разработки и реализации демографической политики, обеспечения ее целевых ориентиров, установленных на федеральном уровне, в т.ч. в национальных проектах.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* пособие базируется на результатах исследований авторского коллектива, в том числе уникальном когортном мониторинге условий формирования здоровья детского населения, мониторинге самосохранительного поведения населения, репродуктивного здоровья и репродуктивного поведения населения, реализованных коллективом ВолНЦ РАН на территории Вологодской области в период с 1995 по 2022 г.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* издана коллективная монография.

## **25. Мониторинг общественного мнения «Эффективность государственного управления в оценках населения»**

Институт-разработчик: ВолНЦ РАН.

Руководитель: член-корреспондент РАН, д.э.н. В.А. Ильин.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* разработанная методика оценки эффективности государственного управления основана на результатах применения социологического инструментария и включает в себя не

только прямые вопросы об отношении населения к деятельности органов власти всех уровней, но и более широкий спектр вопросов, касающихся экономической и политической ситуации в стране, динамики уровня и качества жизни, психологического климата, национальной идентичности и т.д. Таким образом, эффективность государственного управления оценивается не только по реакции людей на те или иные управленческие решения, принимаемые на федеральном, региональном или муниципальном уровнях, но и по результатам реализации этих решений, проявляющихся в их влиянии на изменения условий жизни в стране.

Подробные результаты применения методики представлены в публикациях: Ильин В.А., Морев М.В. (2023). Непривычная ясность. Россия больше не Запад // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 16. № 2. С. 9–34. DOI: 10.15838/esc.2023.2.86.1

Ильин В.А., Морев М.В. (2023). Нарастающие угрозы национальной безопасности // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 16. № 3. С. 9–38. DOI: 10.15838/esc.2023.3.87.1

Ильин В.А., Морев М.В. (2023). От «Мюнхена-2007» до «Валдая-2023»: 16 лет, изменившие Россию и мир // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 16. № 5. С. 9–31. DOI: 10.15838/esc.2023.5.89.1

Бюллетень «Эффективность государственного управления в оценках населения» издается ВолНИЦ РАН 6 выпусков ежегодно.

*Область возможного применения:* сам методический подход, а также созданная по результатам его применения на территории Вологодской области база данных (включающая в себя социологические данные по 14 основным социально-демографическим категориям населения), обладают высоким потенциалом применения в научных и практических целях: в качестве типовой методики, возможной к экстраполяции при реализации научных исследований по аналогичной тематике; в качестве эмпирической базы данных, дающей глубокие сведения о состоянии российского общества и протекающих в нем социальных процессов (что может быть использовано в научных целях, в деятельности общественных организаций, в образовательной среде и т.д.); а также в качестве сведений, полезных органам власти для принятия управленческих решений.

*Степень готовности к практическому применению:* база данных готова к применению.

*Возможный эффект от внедрения:* более глубокий взгляд на российское общество и отдельные социально-демографические категории, в том числе выявление новых нюансов социального восприятия и социального самочувствия людей, а также влияющих на них факторов, что способствует повышению объективности научного взгляда на интерпретацию оценки эффективности государственного управления и социальных процессов в целом, прогнозным возможностям социологической науки и точности принятия управленческих решений.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* аналоги разработанной методики известны преимущественно на федеральном уровне (мониторинговые исследования ВЦИОМ, ФОМ, ФНИСЦ РАН и др.). Специфика методики, разработанной в ВолНИЦ РАН заключается, во-первых, в получении данных на региональном уровне, во-вторых, в тематически более широком и системно организованном способе получения данных (шесть волн опросов ежегодно).

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* печатная версия бюллетеня «Эффективность государственного управления в оценках населения» зарегистрирована в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС 77 - 71351 от 26.10.2017) и Национальном агентстве ISSN (№ 2500-2406).

## **26. Межотраслевой баланс производства и распределения продукции Архангельской области**

Институт-разработчик: ВолНЦ РАН.

Руководители: д.э.н. Т.В. Ускова, к.э.н. Е.В. Лукин.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* база данных предназначена для хранения данных межотраслевого баланса производства и распределения продукции Архангельской области. Она содержит поля для 32 видов экономической деятельности (в т.ч. 15 видов обрабатывающих производств), направлений образования доходов экономики региона, формирования ресурсов (за счет производства, ввоза из регионов России, импорта) и их распределения на промежуточное потребление предприятиями, конечное использование домохозяйствами и органами государственного управления, а также на вывоз в российские регионы и экспорт.

*Область возможного применения:* может быть использована в качестве информационной базы для анализа, межотраслевого моделирования и прогнозирования социально-экономического развития региона. В частности, для оценки структурных особенностей на уровне отдельных видов деятельности (отраслей), отраслевых комплексов и региональной экономики в целом; расчетов мультипликативных эффектов на уровне экономики, секторов и отдельных крупных инвестиционных проектов; разработки сценарных вариантов развития экономики и моделирования последствий их реализации для социально-экономической системы региона. Потребители: научные, научно-образовательные учреждения, органы государственной власти.

*Степень готовности к практическому применению:* база данных готова к практическому применению.

*Возможный эффект от внедрения:* повышение качества принимаемых органами власти управленческих решений в области регулирования развития региональной социально-экономической системы за счет использования сбалансированной системы индикаторов в анализе, моделировании и прогнозировании социально-экономического развития региона. Межотраслевой баланс – единственный на настоящий момент инструмент, который увязывает между собой макроэкономическую динамику (выпуск, ВРП, конечное потребление и др. показатели); отраслевую структуру производства; уровень технологического развития экономики и ее отдельных секторов региональной экономики.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* аналоги не известны.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023624405 (Авторы: Ускова Т.В., Лукин Е.В., Сидоров М.А., Румянцев Н.М., Кудревич А.Ю., Чеплинские И.Р.).

## 27. Мониторинг ESG-статуса предприятий города Вологды

Институт-разработчик: ВолНЦ РАН.

Руководитель: член-корреспондент РАН В.А. Ильин.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* база данных предназначена для хранения сведений по ESG-статусу организаций городского округа города Вологды. Она содержит данные о реализации на предприятиях принципов экологического, социального и управленческого характера, сведения об использовании в организациях системы экологического менеджмента, наилучших доступных технологий, а также данные о проблемах внедрения ESG-принципов, перечень продукции, получаемой предприятиями из вторичного сырья. На основе сформированной базы данных разработан проект положения о добровольном экологическом аудите на территории городского округа города Вологды.

*Область возможного применения:* разработанный проект положения о добровольном экологическом аудите на территории городского округа может быть использован на территории других муниципальных и региональных образований. Потребители: органы государственной власти, предприятия, научные, научно-образовательные учреждения.

*Степень готовности к практическому применению:* положение о добровольном экологическом аудите утверждено Администрацией города Вологды. По результатам проведенной работы были заключены соглашения о сотрудничестве в сфере экологии между Администрацией города Вологды и ООО «Машиностроительный завод «Бакор», ЗАО «Вологодский подшипниковый завод» и ООО «Грайф Пермь».

*Возможный эффект от внедрения:* повышение качества принимаемых органами власти управленческих решений в области регулирования экологической обстановки, а также по вопросам стимулирования реализации предприятиями ESG-принципов.

Проект победил на V всероссийском конкурсе «Надёжный партнёр – Экология» в номинации «Лучший перспективный проект и разработка».

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* аналоги не известны.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* получено свидетельство о государственной регистрации базы данных «Мониторинг ESG-статуса предприятий города Вологды» №2023623857 от 08.11.2023 (Авторы: Терехова С.В., Устинова К.А., Крюков И.А., Кочнев А.А., Жариков И.А.).

## 28. Комплексная программа развития промышленности Республики Башкортостан до 2030 года

Институт-разработчик: ИСЭИ УФИЦ РАН.

Руководитель: д.э.н. Гайнанов Д.А.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* разработана «Комплексная программа развития промышленности Республики Башкортостан до 2030 года», в которой на основе системного и проектного подходов определе-

ны отраслевые приоритеты, цель, задачи и сценарии развития промышленности на средне- и долгосрочный периоды; предложен организационно-экономический механизм результативного взаимодействия реального сектора экономики и научно-образовательного комплекса республики; сформирован комплекс мегапроектов, соответствующих приоритетным направлениям технологического развития Российской Федерации. Реализация программы создаст благоприятные условия для развития обрабатывающей промышленности Республики Башкортостан и будет способствовать промышленному прорыву в регионе и укреплению технологического суверенитета страны.

### **29. Экономическое поведение населения: современные тенденции и динамика показателей**

Институт-разработчик: ИСЭПН ФНИСЦ РАН.

Руководитель: профессор РАН Ярашева А.В.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* полученные результаты значимы для развития данной области науки в России. В качестве предложений можно выделить: 1) необходимость продолжения мониторинга экономических ожиданий населения; 2) снижение рисков увеличения закредитованности россиян в разрезе территорий за счет ужесточения кредитной дисциплины; 3) использование построенной авторской модели оценки удовлетворенности качеством жизни при процессах планирования социально-экономических показателей в стране и регионах.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* предложения были оформлены в виде аналитической записки по корректировке Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» для Совета Безопасности Российской Федерации.

### **30. Обеспечение прав человека и осуществление публичной власти в современных условиях: проблемы и решения (М.: ИГП РАН, 2023. 560 с.)**

Институт-разработчик: ИГП РАН.

Руководитель: д.ю.н., доц. Васильева Т.А.

*Краткая характеристика основных технических параметров:* опубликована монография «Обеспечение прав человека и осуществление публичной власти в современных условиях: проблемы и решения» (М.: ИГП РАН, 2023. 560 с.), подготовленная по результатам комплексного сравнительно-правового исследования национальных и универсальных тенденций осуществления публичной власти и обеспечения прав человека на основе анализа законодательства и практики ряда зарубежных стран (Беларуси, Польши, США, Франции, государств Латинской Америки и Скандинавии). Выявлены новые концептуальные подходы к исследованию публичной власти и прав человека, определены механизмы повышения эффективности функционирования органов публичной власти и институтов защиты прав человека, реализации социальной политики государства и социальных прав в контексте современных цивилизационных вызовов, проанализирован мировой опыт использования новых форм и процедур осуществления публичной власти

и вовлечения граждан в управление государственными делами с использованием современных информационных технологий, сделаны выводы о его эффективности и возможности использования в Российской Федерации.

*Область возможного использования:* выводы и практические предложения, могут быть использованы в целях развития отечественной доктрины прав человека, совершенствования механизмов защиты прав человека и организации публичной власти в Российской Федерации, а также в процессе преподавания курсов теории права и государства, международного права и конституционного права в высших учебных заведениях России.

*Степень готовности разработки к практическому применению:* теоретические выводы и практические предложения могут быть использованы в правотворческой деятельности и при разработке актов стратегического планирования.

*Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения:*

Использование результатов исследования будет способствовать повышению эффективности деятельности органов публичной власти, в том числе в условиях кризисных и чрезвычайных ситуаций; развитию отечественной доктрины прав человека; углублению межцивилизационного диалога культур и стран; формированию российской позиции в отношении обновления международных инструментов защиты человека в условиях международных конфликтов.

*Сравнительные характеристики с известными разработками:* работа представляет собой уникальное издание, выполненное на высоком научном уровне в соответствии с современными стандартами сравнительно-правовых исследований, базируется на использовании новейших теоретических концепций и предлагает оригинальные подходы к решению актуальных проблем функционирования органов публичной власти и механизмов защиты прав человека.

*Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:* результаты исследования не требуют патентной защиты.

## **ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ**

### **СОСТОЯНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОБЛАСТЕЙ НАУК ПО ПРОФИЛЮ ОТДЕЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ РАН, 2023 Г.**

Исследования отделения имеют междисциплинарный характер, государственное задание выполняют экономисты, политологи, историки, демографы, специалисты по странам и регионам. В 2023 году они продолжались по следующим крупным направлениям Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на 2021 – 2030 годы:

- Российская Федерация в системе международных отношений;
- взаимосвязь глобальных и региональных социальных и политических и процессов;

- экономика, политика и социальные проблемы основных стран и регионов мира;
- Ближний Восток как регион столкновения глобальных интересов;
- рост политического и экономического влияния стран Азии в глобальном развитии;
- динамика экономического и политического развития стран африканского континента и интересы Российской Федерации;
- трансформация социально-политического развития латиноамериканских государств;
- военно-политические аспекты мирового развития;
- Российская Федерация в мировом хозяйстве: новые глобальные вызовы;
- причины и последствия «энергетического перехода»;
- наука и технологии в мировом хозяйстве: конкуренция и кооперация.

Комплексные исследования по всем указанным направлениям ведет Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е.М. Примакова Российской академии наук (ИМЭМО РАН).

Разработана методология для формирования перечня качественных и количественных показателей оценки состояния национальной безопасности Российской Федерации. Сформулированы предложения по корректировке Стратегии экономической безопасности Российской Федерации до 2030 г., а также разработана Концепция безопасности Союзного государства России и Белоруссии. Дана оценка реализации стратегических национальных приоритетов и подготовлен стратегический прогноз до 2035 г., учитывающий вероятные изменения в мировой экономике и международных отношениях. Подготовлен доклад-прогноз «Вызовы, риски и угрозы для социально-экономического развития и национальной безопасности Российской Федерации на период до 2026 года и на долгосрочную перспективу».

Проведен комплексный анализ вопросов адаптации российской экономики к беспрецедентному нарастанию внешнего санкционного давления в период 2022–2023 гг. Показано, что ключевые факторы успешной реакции на санкционные вызовы были связаны с проведением эффективной политики поддержания макроэкономической стабильности, гибкой реориентацией внешнеторговых потоков с учетом заинтересованности третьих стран в продолжении и развитии сотрудничества с Россией, эффектами масштаба российской экономики в контексте решения отраслевых и иных ресурсозатратных задач, а также с поддержанием политической стабильности как необходимого условия управляемости экономических процессов.

Охарактеризованы основные различия в политике развития и политике идентичности в странах ЕС и в России, касающиеся механизмов взаимодействия общества и государства, роли этнокультурных и цивилизационных факторов, отношения к традиционным ценностям и инновационным практикам. Обоснована принципиальная возможность и плодотворность позитивной совместимости традиций и инноваций в политике развития в обществах, разделенных по социокультурным и ценностным основаниям. Сделан вывод о высокой значимости практик совмещения культурных традиций и социальных инноваций, а также сохранения культурного разнообразия и исторической преемственности для политики развития и политики идентичности в современной России.

Проанализированы основные военно-политические проблемы и угрозы в сфере контроля над вооружениями и развития новых военных технологий, влияющие на обеспечение национальной безопасности России. Спектр рассмотренных проблем включал изменения в сферах стратегической стабильности и ядерного сдерживания, размывание ядерного табу, риски разложения режима ядерного нераспространения, перспективы развития неядерных ударных средств большой дальности, систем противоракетной обороны, средств кибервойны, автономного оружия и оружия в космосе, проблемы биобезопасности, влияние украинского кризиса на ядерное сдерживание, контроль над вооружениями и функционирование институтов европейской безопасности.

Определена специфика стратегии ближневосточных государств в меняющихся международных реалиях, исследована динамика процессов, связанных с обострением палестино-израильского конфликта в октябре 2023 года, изучена трансформирующаяся роль региональных игроков, особенности их самопозиционирования. Особое внимание было уделено странам Магриба. Были изучены основные тенденции, характерные для стран Персидского залива (Ирана, ОАЭ, Катар и других), а также особенности их внешнеполитического самопозиционирования. Проанализированы социально-политические процессы, происходящие в Афганистане.

Исследован широкий спектр вопросов, касающихся внутривосточной повестки Индии как страны, оформляющей регион Южной Азии, а также особенности взаимодействия как со странами субконтинента, так и с ведущими державами, имеющими свои интересы в регионе Индийского океана.

В 2023 г. Институт США и Канады им. Г.А. Арбатова сосредоточил свои исследования на комплексном научном анализе ключевых процессов, происходящих в североамериканском регионе, их влиянии на мировую политику и международную безопасность. Особое внимание уделялось американо-российскому противостоянию на постсоветском пространстве. Выделены ключевые противоречия между США и их союзниками в Европе вокруг украинского конфликта. Сделан вывод, что отсутствие крупных военных успехов у официального Киева, сохраняющаяся острота противоречий в американском истеблишменте, риски рецессии американской экономики не угрожают трансатлантическому единству в краткосрочной перспективе. Антироссийский консенсус среди правящей элиты США сохраняется и будет определять политику Вашингтона в отношении России и после окончания украинского конфликта вне зависимости от его итогов.

В рамках изучения проблем контроля над вооружениями и общего кризиса стратегической стабильности выделены ключевые направления модернизации ядерных сил США и меры по возрождению ОПК в ядерно-оружейной составляющей. Показано, что военные действия на Украине вынуждают США ускорить развитие оборонно-промышленного комплекса США. При этом Соединенные Штаты сохраняют свою заинтересованность в сохранении основных элементов системы контроля вооружений. В условиях низкой вероятности появления нового российско-американского договора по ядерным вооружениям США сосредотачивают свое внимание на выработке комплекса мер, направленных на снижение конфронтации и риска применения ядерного оружия при одновременном сохранении эффективного ядерного сдерживания.

Комплексный анализ политики Вашингтона в отношении «стратегического тыла» России в лице государств Закавказья и Центральной Азии выявил активную роль США в разработке сценариев постконфликтного миростроительства, а также участие в них Европейского Союза как ключевого «проводника» политики США в Закавказье. Также был сделан вывод о том, что сегодня на фоне жесточайшего противостояния между Россией и «коллективным Западом» США и ЕС будут использовать все возможные средства, способные создать дееспособную конкуренцию китайским и российским проектам. Ожидается встраивание пяти стран Центральной Азии в различные форматы политической, экономической и культурной региональной интеграции. На данном направлении Соединенные Штаты будут опираться на свои финансовые возможности.

В ходе изучения американско-китайских отношений выявлены три ключевых группы интересов, задающих вектор внешней политике США на данном направлении. К первой относится политический и военный истеблишмент Соединенных Штатов, разведывательное сообщество, а также военно-промышленный комплекс. Во вторую группу входят представители высокотехнологичных транснациональных корпораций, ориентированных на мировые цепочки стоимости. К третьей относится американский бизнес, ориентированный на внутренний рынок, а также сельское хозяйство США. Баланс интересов между ними будут определять те или иные флуктуации в политике Соединенных Штатов по отношению к Китаю.

Применительно к политике США в АТР дана оценка дальнейшего укрепления системы американских военных союзов. С учетом важности оборонного потенциала Японии в вопросе сдерживания КНР в Соединенных Штатах без опасений относятся к наращиванию военной мощи Японии и весьма амбициозным планам официального Токио сбалансировать альянс с Соединенными Штатами. Это обуславливается общими подходами союзников как к «китайской проблеме», так и к глобальному миропорядку в целом. Тем не менее ожидать встраивания альянса между США, Японией и Республикой Кореей пока преждевременно в силу нежелания официального Токио быть втянутым в возможный конфликт на Корейском полуострове.

Сохраняется тенденция к дальнейшему давлению США на страны АСЕАН с целью их вовлечения в антикитайские форматы сотрудничества. В результате появляется риск деградации сложившейся за десятилетия структуры сотрудничества по вопросам региональной безопасности. Новой тенденцией становится давление на малые южные тихоокеанские государства с целью расширения военного присутствия там США.

В условиях нарастания военно-стратегического противостояния между США и Россией основное внимание канадологов ИСКРАН было уделено внешней и военной политике Канады. Отмечено, что в данный момент не просматривается скорого выхода из кризиса в российско-канадских отношениях. Это, в свою очередь, требует особого такта в их поддержании даже на нынешнем крайне низком уровне и недопущении полного разрыва связей, выстроенных двумя странами **за долгие годы**.

Институт Африки РАН является ведущим и единственным специализированным научно-исследовательским учреждением в России, осуществляющим комплексное изучение социально-политических, экономических и международных

проблем Африки, прежде всего в контексте национальных интересов и задач развития народного хозяйства России. Пять задач развития Института, обозначенных в Программе, успешно осуществлены с учетом корректировок, продиктованных требованиями сегодняшнего дня. Институт сыграл ключевую роль в научно-аналитическом обеспечении организации и проведения первого (22–24 октября 2019 г., Сочи) и второго Саммита и Экономического и гуманитарного форума Россия-Африка (Санкт-Петербург, 27–28 июля 2023 г.).

Созданы устойчивые коммуникации в области африканских исследований, внешнеэкономических связей, политических технологий, стратегических коллабораций и инноваций с экономическими министерствами, другими ведомствами и российским бизнесом, которые используют наработки института в своей деятельности. Регулярно проводятся ситуационные анализы по актуальной тематике, связанной с развитием российско-африканских отношений.

Первостепенное значение придается повышению международного признания российской школы африканистики и русскоязычной научной литературы и периодики в области африканских исследований, мировой экономики, международных отношений, политологии, социальной антропологии и истории.

В условиях обострения идейной и пропагандистской войны крайне важно на верифицированном научном материале аргументированно доказывать, что нынешняя демократия и экономическое благополучие Запада с самого начала и по сей день базируются на порабощении и эксплуатации народов, их явном и скрытом ограблении, навязывании «системы правил», при следовании которым мировые ресурсы избыточно перетекают со всего мира в страны «золотого миллиарда».

В 2023 году главной задачей исследований Института Европы РАН (ИЕ РАН) стало изучение и выработка рекомендаций относительно основных направлений противодействия угрозам и вызовам России со стороны евроатлантического сообщества в условиях системного кризиса европейской системы безопасности, а также эволюции связей между европейским Западом и другими частями мира. Проанализировано развитие основных факторов и тенденций в контексте эскалации военно-политической напряженности; политика и активность евроатлантического сообщества в отношении украинского кризиса и ведущаяся им прокси-война против России на Украине; эволюция трансатлантических отношений; концептуально-доктринальная и оперативно-стратегическая трансформация НАТО; формирование военно-технического измерения ЕС и его стратегии кризисного реагирования.

Фундаментальные исследования были направлены на изучение последствий продолжающихся и новых кризисов в Евросоюзе (энергетического, климатического, социального, миграционного), вызванных, помимо прочего, отказом от импорта энергоносителей и введением санкций против России.

Актуальным направлением исследований стали перспективы смены руководства наднациональных институтов ЕС, вопросы его реформирования в связи с планами дальнейшего расширения, а также реформы политики миграции и убежища. Важные результаты достигнуты в изучении взаимодействия ЕС и США как на двустороннем треке, так и на международном. В частности, изучены планы, направленные на соперничество с Китаем, включая противодействие проекту «Пояс и Путь».

Страновые исследования в ИЕ РАН проводились в контексте актуальных трансформаций в системе международных отношений, изменений иерархии ее субъектов, параметров экономического и социально-политического развития, в том числе под воздействием противостояния коллективного Запада и России.

В 2023 году продолжились исследования партийно-политического и социально-экономического положений европейских стран, их внешнеполитических установок. Сформулированы оценки таких явлений, как массовый социальный протест во Франции против пенсионной реформы и новая волна «молодёжного бунта». Выявлено усиление крайне левого и крайне правого флангов политического ландшафта страны. Показаны причины и последствия разрушения системы «Франсафрик».

В отношении Германии на примере политики кабинета О. Шольца показаны негативные деформации экономики страны, элементы её деиндустриализации, ухудшение социальной ситуации в условиях высокой инфляции и отказа от конкурентных преимуществ взаимодействия с Россией.

В исследованиях в сфере процессов безопасности на пространстве большого Средиземноморского региона значительное внимание уделялось проблематике южного фланга, вопросам трансформации французской и итальянской политики в регионе Северной Африки и Ближнего Востока, а также новому витку палестино-израильского противостояния. Значительное внимание уделялось вопросам усиления роли Юго-Восточной Европы в обеспечении эффективности НАТО в Европе. Отдельную прикладную проблему представляли разворачивающиеся процессы на Южном Кавказе в свете трансформации нагорнокарабахской проблемы и российско-армянских отношений.

Поиск путей преодоления кризиса европейской системы безопасности останется приоритетной темой для формирования внешнеполитических позиций и противодействия угрозам национальной безопасности Российской Федерации. В условиях острого конфликта на Украине, эскалации напряженности в Европе в целом, на Ближнем Востоке, Южном Кавказе особое внимание должно быть сосредоточено на изучении возможностей и путей реализации интересов Российской Федерации в сфере безопасности, комплексном анализе политического, финансового и военного потенциала Евро-Атлантики (США, НАТО, ЕС), на прогнозном анализе сопутствующих рисков и угроз.

В центре внимания фундаментальной науки должны оставаться такие глубинные процессы, как трансформации идентичности, ценностные сдвиги в странах европейского Запада, долговременные технологические изменения и вызовы энергоперехода. Всестороннего изучения в 2024 г. потребуют процессы в экономике Евросоюза, новый миграционный кризис, последствия выборов в Европарламент и результаты парламентских и иных выборов в странах – членах ЕС. Национальным интересам России отвечает постоянный анализ планов реформирования ЕС, развитие его военно-промышленного комплекса, политика расширения и взаимодействие Брюсселя со странами-кандидатами. В этой связи также требуется изучение разрастания межстрановых диспропорций в ЕС и его втягивание в новый долговой кризис.

В 2023 г. основной задачей Института Китая и современной Азии РАН стало повышение практической значимости его научной и экспертно-аналитической деятельности, содействие органам власти в формировании восточной политики нашего государства. Работа в данной области сопрягается с мерами по общему реформированию российского востоковедения, начатыми по инициативе Министерства науки и высшего образования России, в которых Институт принимает активное участие.

ИКСА РАН принял участие в разработке государственных планов Правительства Российской Федерации по развитию экономического сотрудничества с Китаем и рядом других стран Азии, участвовал в подготовке визитов в КНР Президента Российской Федерации (октябрь 2023), Председателя Правительства Российской Федерации (май 2023), Председателя Государственной Думы Российской Федерации (ноябрь 2023), участвовал в работе межправительственных комиссий РФ-КНР и подготовке их заседаний. В органы власти и специальные службы направлено более 50 аналитических записок по различным вопросам взаимодействия со странами Азии.

Институт принимает участие в работе Координационного совета по Китаю и странам Восточной и Юго-Восточной Азии, объединившего ведущих востоковедов страны, для целей содействия формированию государственной политики России на восточном направлении. Совет, созданный при поддержке Администрации Президента Российской Федерации, МИД России, Совета безопасности Российской Федерации и СВР России, проводит периодические консультации органов федеральной власти, научно-практические семинары с участием руководства внешнеполитического блока Российской Федерации.

Проводится консультирование ведущих российских государственных и частных корпораций по выходу на восточные рынки. В октябре 2023 г. ИКСА РАН выступил инициатором реструктуризации Национального координационного центра по развитию экономических отношений со странами АТР (НКЦ РЭО АТР), созданного решением Правительства Российской Федерации. В результате создан Национальный координационный центр международного делового сотрудничества (НКЦ МДС), соучредителем которого стали, помимо ИКСА РАН, также РСПП, ТПП РФ, «Деловая Россия», Российский экспортный центр и ряд крупных корпораций.

Активизирован академический обмен между научными и образовательными центрами России и стран Азии – прежде всего с КНР. В 2023 г. возобновлены взаимные поездки ученых из России и стран Восточной Азии. ИКСА РАН заключил 12 новых соглашений о сотрудничестве и совместных проектах с ведущими университетами КНР, Республики Корея, Мьянмы, Таиланда, Камбоджи и других государств Азии, принял 18 делегаций зарубежных научных и образовательных центров.

В Центре «Россия, Китай, мир» ИКСА РАН продолжается изучение современной внешней политики КНР, российско-китайских отношений и взаимодействия двух стран в многосторонних структурах ШОС, РИК, БРИКС. Фокус внимания сосредоточен на выявлении реальных возможностей взаимодействия с КНР в деле купирования последствий, вызванных антироссийскими санкционными ограни-

чениями со стороны США и коллективного Запада в целом, а также на анализе существующих пределов таких возможностей.

В Центре политических исследований и прогнозов ИКСА РАН комплексно изучается современное китайское государство, его основные институты, политическая система и юридическая политика в области законодательства. Предпринимаются попытки спрогнозировать направления политического и правового развития Китая на краткосрочную и долгосрочную перспективы.

В японоведческих исследованиях ИКСА РАН центральное место занимают внешнеполитическая и внешнеэкономическая стратегия Японии, роль страны в системе безопасности в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Указанные темы изучаются с точки зрения обеспечения национальных интересов России в АТР.

В исследованиях Юго-Восточной Азии Центр изучения Вьетнама и АСЕАН комплексно изучает внутреннее положение, внешнюю политику и внешнеэкономические связи Вьетнама, в том числе с Россией. С 2023 г. внимание центра переключено на другие страны Индокитайского полуострова — Таиланд, Камбоджу, Мьянму, а также крупнейшую страну ЮВА — Индонезию. Ведется анализ внешнеполитической и экономической стратегии самой АСЕАН как организации, ее роли в системе региональной безопасности, в том числе в контексте задач по обеспечению национальных интересов России в АТР.

В 2023 г. Институт Латинской Америки РАН подготовил и выпустил ряд монографических изданий, затрагивающих актуальные проблемы экономического и социально-политического развития латиноамериканского региона.

Особое внимание уделяется определению региональной специфики реализации процесса цифровизации, анализу проблем цифрового суверенитета, кибербезопасности и цифрового неравенства между государствами Латинской Америки и мировыми лидерами. Крайне актуальной научно-исследовательской задачей представляется изучение содержания и особенностей феномена цифрового суверенитета современного государства. Опыт создания единого регионального цифрового рынка Латино-Карибской Америки, а также регулирования цифровой трансформации в рамках интеграционных объединений латиноамериканских стран может быть использован при развитии цифрового пространства ЕАЭС и реализации Цифровой повестки.

Ведущее место в исследовательской работе коллектива ИЛА РАН в 2023 г. заняла разработка проблематики правовых аспектов деятельности латиноамериканских государств в Антарктике. Исследование базируется на детальном анализе правовых механизмов реализации Системы Договора об Антарктике и их противоречий, а также взаимосвязи с другими структурами международного права, регулирующими действия в Мировой океане, прежде всего в рамках Конвенции ООН по морскому праву.

В исследовании представлены страновые примеры, в которых рассматривается практика латиноамериканских государств, активно вовлеченных в экономическую и политическую деятельность на этой территории. Историческая ретроспектива, а также анализ актуального позиционирования каждого государства в отношении Антарктиды высветили трансформацию подходов и обозначили их видение сферы безопасности и взаимодействия с Системой Договора об Антарктике.

Российскими и испанскими исследователями подготовлена коллективная работа (Россия и Испания в процессе переформатирования существующего мирового порядка. – Москва, ИЛА РАН, 2023. – 244 с.), в которой проанализированы актуальные проблемы Испании и России. Книга продолжает серию совместных публикаций, насчитывающую 20 лет академических связей между экспертами обеих стран. Широкий спектр вопросов по наиболее актуальным тематикам систематизирован в авторских разделах и статьях. В центре внимания стоят экономические, социальные и политические изменения, прежде всего в Испании, в условиях глобальной неопределенности.

В условиях глобального противостояния Российской Федерации и «коллективно-го Запада» для российской внешней политики существенно возрастает значимость стран Латинской Америки и Карибского бассейна (ЛАКБ). Успешное позиционирование России в ЛАКБ невозможно без комплексного анализа восприятия нашей страны в регионе. Единый подход к созданию и укреплению репутации России в Латинской Америке до сих пор не выработан, а принимаемые меры носят ситуативный характер, зачастую – в формате ответной реакции на те или иные негативные события, что снижает эффективность нашей латиноамериканской политики.

Латинская Америка стала важным направлением интересов крупных субъектов мировой политики: КНР, Европейского союза, Ирана и Турции. Вместе с тем в ближайшие несколько десятков лет лишь Китай имеет реальные возможности выдержать конкуренцию с Вашингтоном, в то время как ЕС не предлагает странам региона альтернативного американскому проекту развития. Остальные игроки не обладают сопоставимым с США экономическим потенциалом. Это дает возможность для российских компаний реализовать попытки встраивания в еще незанятые и возникающие в новых условиях экономические ниши в регионе.

## ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### 1. Идентичность: личность, общество, политика. Новые контуры исследовательского поля



Исследование коллектива ученых ИМЭМО РАН и ряда других ведущих академических и университетских центров России посвящено многообразию теоретико-методологических и прикладных аспектов изучения идентичности в социальных науках. В центре внимания новые повороты, которые свидетельствуют о превращении исследований идентичности в мейнстрим политической науки, а конструирования идентичностей – в ключевое направление публичной политики. Представлены характеризующие трансформации идентичности понятия, приобретшие особую актуальность в последние годы, и ряд широко употребляемых в современном политическом, медийном и

научном поле метафор, связанных с динамикой политически значимых идентичностей. Монография является логическим продолжением энциклопедического издания «Идентичность: личность, общество, политика», опубликованного в 2017 г.

Организация: ИМЭМО РАН.

*Публикация:*

Идентичность: личность, общество, политика. Новые контуры исследовательского поля / отв. ред. И.С. Семененко; ИМЭМО РАН. – Москва: Издательство `Весь мир`, 2023. – 512 с. – ISBN 978-5-7777-0922-6

## **2. Великобритания–Евросоюз–НАТО: реорганизация «трансатлантического пространства безопасности»**



В монографии проанализировано развитие сотрудничества Евросоюза и НАТО в первой четверти XXI в. – до и после Брекзита. Изучены стратегические подходы этих двух структур и их государств-членов к глобальным и региональным проблемам безопасности, к отношениям с Россией и Китаем. Рассмотрено понятие трансатлантического пространства безопасности как идеологического конструкта и как теоретической концепции в рамках социального конструктивизма. Исследованы меняющиеся роль и место Великобритании в «трансатлантическом пространстве безопасности» после выхода из европейского интеграционного объединя-

единения, качественно новый уровень взаимоотношений и координации политик государств Евросоюза и НАТО после Брекзита.

Разработан прогноз взаимоотношений ЕС – НАТО в долгосрочной перспективе. Выявлены связанные с этим риски для России. Особое внимание уделено теоретическим основаниям исследования многостороннего политического сотрудничества государств в сфере безопасности.

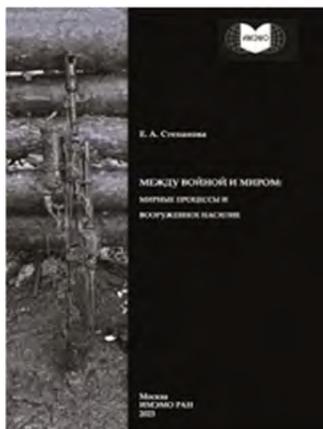
Организация: ИМЭМО РАН.

*Публикация:*

Алешин А.А. Великобритания–Евросоюз–НАТО: реорганизация «трансатлантического пространства безопасности» / ИМЭМО РАН. – Москва: Издательство «Аспект Пресс», 2023. – 317 с. – ISBN 978-5-7567-1280-3

## **3. Между войной и миром: мирные процессы и вооруженное насилие**

В книге изучаются взаимосвязь и взаимовлияние мирных процессов и насилия в современных вооруженных конфликтах. На базе статистики показано, что мирные процессы наблюдаются лишь в трети современных конфликтов, а мирные соглашения не являются наиболее распространенной формой их исхода. Сформулировано содержательное определение мирного процесса, основанное на его качественных характеристиках. Фокус в книге смещен с традиционного упора на



угрозы мирным переговорам со стороны отдельных вооруженных «спойлеров» к анализу адекватности и уязвимости к насилию самого мирного процесса. В центре внимания также перемирия как формат контроля над насилием и его взаимосвязи с мирным процессом и как более распространенный вид исхода современных конфликтов, чем мирные соглашения или военные решения. Предложена авторская типология перемирий, согласно которой они рассматриваются не только как часть мирного процесса, но и как элемент войны, а также способ оформления и упорядочивания состояния «ни мира, ни войны». Разработана и новая типология акторов, применяющих насилие на стадии

мирного процесса, в том числе с целью влияния на переговоры или подрыва соглашения о мире. В зависимости от типа таких вооруженных игроков предложены разные стратегии и методы противодействия им. Особое внимание уделено специфике и урокам из соотношения и взаимосвязи мирных процессов, перемирий и вооруженного насилия в ходе конфликтов в Сирии и на Донбассе.

Организация: ИМЭМО РАН.

*Публикация:*

Степанова Е.А. Между войной и миром: мирные процессы и вооруженное насилие. – Москва: ИМЭМО РАН, 2023. – 198 с. – ISBN 978-5-9535-0620-5

#### **4. Международная безопасность: новый миропорядок и технологическая революция**



Работа рассматривает проблематику стратегической стабильности, контроля над ядерными вооружениями, развития противоракетной обороны и новейших вооружений и перспективных военных технологий, включая неядерные ударные средства большой дальности, средства кибервойны, автономного оружия и оружия в космосе. Изучены проблемы нераспространения ядерных технологий и международной биологической безопасности. Рассмотрены основные узлы региональных конфликтов, в том числе конфликт в Украине, конфликты на постсоветском пространстве и Ближнем Востоке. Особое внимание уделено невоенным угрозам безопасности, включая санкционное противоборство.

Организация: ИМЭМО РАН.

*Публикация:*

Международная безопасность: новый миропорядок и технологическая революция / отв. ред.: А.Г. Арбатов, К.В. Богданов, О.В. Гусарова, М.Г. Евтодьева; ИМЭМО РАН. – Москва: Издательство «Весь мир», 2023. – 432 с.

## 5. Большой Китай: региональные политические проблемы



Монография посвящена комплексному изучению региональных политических проблем Большого Китая после образования КНР. В ней прослеживается эволюция политики КПК в отношении тайваньской проблемы, выявляются основные принципы, особенности и направления этой политики в конкретном историческом контексте. Анализируются влияние внутренних факторов на политику тайваньской администрации в отношении развития межбереговых связей с материковым Китаем, расстановка общественно-политических сил на острове в преддверии предстоящих вскоре всеобщих выборов, а также особенности формирования местных элит и их влияние на функционирование партийного механизма Тайваня. Дан обзор исламского фактора в

Китае на историческом фоне и его влияние на внутривластную жизнь. Рассматривается политическая ситуация в Гонконге, особое внимание уделяется движущим силам протестного движения и роли в нем религиозного фактора.

Организация: ИКСА РАН.

Публикация:

Смирнов Д.А., Степанова Е.Н. Большой Китай: региональные политические проблемы: монография / Д.А.Смирнов, Е.Н. Степанова / Рос. акад. наук, Ин-т Китая и совр. Азии. М.: ИКСА РАН, 2023. — 272 с. ISBN 978-5-8381-0466-3

## 6. Силы специальных операций США: история и современность



Монография, посвящена особенностям применения Сил специальных операций США. Определены основные направления развития Сил специальных операций (ССО) США в период с 1952 по 2020 г. Раскрыта структура данных подразделений. Выявлены особенности системы их финансирования, а также законодательного регулирования их деятельности. Сформулированы фундаментальные проблемы обеспечения внутренней безопасности союзников при помощи Сил специальных операций США, а также показана роль их участия в акциях на территории недружественных государств. Проведён сравнительный анализ участия ССО США в конфликтах в Афганистане, Ливии, Сирии и на Украине. Дана общая оценка перспектив дальнейшего развития американских сил специального назначения.

Организация: ИСКРАН.

Публикация:

Заманаулов Д.М. Силы специальных операций США: история и современность 1952-2023 гг. М.: Весь мир, 2023. – 192 с. ISBN 978-5-7777-0931-8

## 7. Русские в Африке. Вехи истории



Данная монография – полномасштабная новаторская версия истории взаимоотношений России со странами Африканского континента на разных этапах: от первых контактов в XVIII в. до середины XX столетия – начала национально-освободительной борьбы африканских народов. В основу работы над книгой положены уникальные полевые исследования (встречи и интервью с ныне живущими в странах Африки и Европы представителями русской эмиграции, личные архивы, дневники, эпистолярное наследие), а также значительный массив новых архивных материалов, путевых заметок, мемуарной литературы, эмигрантской периодической печати.

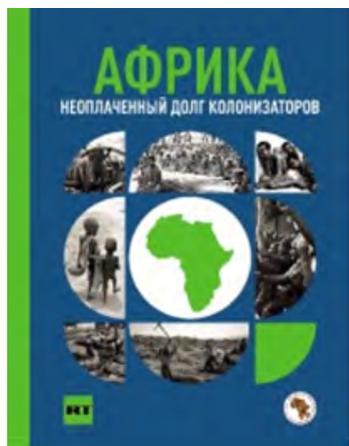
Книга богато иллюстрирована редкими фотографиями, картами, зарисовками. Её актуальность заключается во вновь открывшихся возможностях широкого знакомства африканцев и россиян с различными аспектами участия наших соотечественников в политической, экономической, культурной жизни континента в разные периоды истории.

Организация: ИАФр РАН.

*Публикация:*

Русские в Африке. Вехи истории. Колл. авторов. Отв. ред. И.О. Абрамова, Н.Л. Крылова, Л.Л. Фитуни. М., 2023 г. 259 с. ISBN 978-5-4330-0197-8

## 8. Африка: непоплаченный долг колонизаторов



В книге в сжатой форме комплексно рассматривается феномен европейского колониализма в Африке от его истоков времен работорговли до современных форм неокOLONиальной эксплуатации. На фактах показана ключевая роль как первоначальных, «классических», так и нынешних форм колониального ограбления в ускоренном экономическом развитии и росте благосостояния стран Западной Европы. Сегодня с точки зрения своего зависимого положения в ряде сегментов мировой экономики Россия и Африка оказались в одной лодке. Их объединяет не только необходимость преодоления западного давления на их политическую и экономическую субъектность и желание отстоять свой суверенитет: у них общие

цели и задачи по формированию справедливого миропорядка, где каждой стране и народу найдется достойное место, открывающее наиболее благоприятные перспективы независимого развития. Книга издана на трех языках (русском, англий-

ском и французском) и приурочена ко второму саммиту Россия-Африка (июль, 2023, г. С.-Петербург).

Организация: ИАфр РАН.

Публикация:

Африка: неоплаченный долг колонизаторов. Колл. авт., отв. ред. И.О. Абрамова – М.: Институт Африки РАН, 2023, 122 с. (на русском, английском и французском языках). ISBN 978-5-91298-296-5

## 9. Европа в глобальной пересборке



Рассмотрены идеологические основания кризиса неолиберальной модели глобализации, партийно-политические и социальные ландшафты Западной Европы, положение дел в Евросоюзе, региональные аспекты развития Северной и Юго-Восточной Европы. Книга предоставляет комплексный анализ состояния европейской экономики с учётом феноменов деглобализации, стагнации и рецессии, промышленной политики, энергоперехода и других магистральных явлений. Большое внимание уделено глубокому кризису европейской безопасности, политике экспансии НАТО, концепту «европейской обороны», американскому и турецкому факторам в европейских трансформациях.

Организация: ИЕ РАН.

Публикация:

Европа в глобальной пересборке / под общ. ред. Ал.А. Громыко. М.: ИЕ РАН; изд-во «Весь Мир», 2023. – 400 с. – DOI: 10.15211/978-5-98163-209-9 ISBN 978-5-98163-209-9 (ИЕ РАН) ISBN 978-5-7777-0926-4 (Весь мир)

## 10. Европейская аналитика 2023



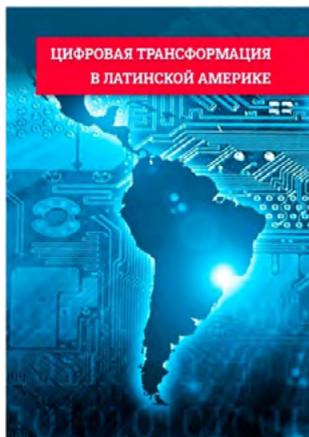
В ежегодник (издается с 2017 г.) входят материалы, содержащие академический взгляд Института Европы РАН на ряд узловых политических и социально-экономических событий 2023 года и раскрывающие позиции Старого Света в международной системе координат. Внимание уделено анализу сдвигов в глобальной политике и сфере безопасности, насущных проблем, политических процессов и возможных перспектив ЕС в условиях общеевропейского кризиса.

Организация: ИЕ РАН.

Публикация:

Европейская аналитика 2023 / под общ. ред. К.Н. Гусева. – М.: ИЕ РАН, 2023. – 182 с. – DOI 10.15211/978-5-98163-211-2, ISBN 978-5-98163-211-2

## 11. Цифровая трансформация в Латинской Америке



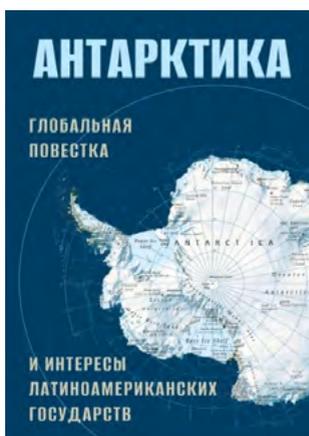
Ответственный редактор Л.Н. Симонова  
Коллективная монография посвящена комплексному рассмотрению процессов цифровизации, развития ИТ-инфраструктуры и создания цифровой экосистемы в Латинской Америке. Цель исследования заключается в выявлении причин технологического и цифрового отставания, проблем и перспектив цифровизации производства, торговли, транспорта и социальной сферы, финансовых услуг и госуправления в странах ЛКА.

Организация: ИЛА РАН.

*Публикация:*

Цифровая трансформация в Латинской Америке. – М.: ИЛА РАН, 2023. – 332 с. -DOI: 10.37656/978-5-6047185-8-2, ISBN 978-5-6047185-8-2

## 12. Антарктика: глобальная повестка и интересы латиноамериканских государств



В коллективной монографии рассматриваются вопросы функционирования Системы Договора об Антарктике, факторы ее устойчивости, правовые проблемы, способные повлиять на ее стабильность в будущем. Особое внимание уделено латиноамериканским государствам, непосредственно вовлеченным в антарктическую повестку. С начала XXI в. их позиции претерпевали изменения в отношении проведения научных исследований и развития экономической деятельности в Антарктике. Климатические изменения, происходящие в высоких южных широтах, заостряют внимание на вопросах климатической и продовольственной безопасности. В связи с этим значительный интерес представляет анализ деятельности

стран латиноамериканского региона в Антарктиде и южной части Тихого и Атлантического океанов, юридические и политические аспекты антарктического вопроса, а также опыт межгосударственного взаимодействия, накопленный государствами Южной Америки

Организация: ИЛА РАН.

*Публикация:*

Антарктика: глобальная повестка и интересы латиноамериканских государств. – М.: ИЛА РАН, 2023. – 320 с. DOI: 10.37656/978-5-6050822-0-0, ISBN 978-5-6050822-0-0

Ответственный редактор Н.Ю. Кудеярова

# ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

## О СОСТОЯНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

В системе отечественного знания гуманитарные науки занимают одно из важнейших мест. Их значение в полной мере осознаётся в российском обществе в 2023 году. Сложнейшая международная обстановка обострила проблемы исторического и гуманитарного образования в целом. Вопросы, связанные с цивилизационной эволюцией человечества, развитием России и формированием российской государственности, имеют принципиальное значение для современного гражданского общества. Исследования академических российских историков, археологов, этнологов и филологов, раскрывающие явления и события исторического прошлого и нашей современности, определяют понимание происходящих процессов рубежа XX–XXI столетий. Фундаментальные труды и практико-ориентированные разработки учёных-гуманитариев, направленные на поддержку исторической и культурной памяти, формируют общегражданское сознание россиян, консолидируют гражданское сообщество страны, обеспечивая в условиях новых вызовов её национальную безопасность. Опыт отечественной гуманитарной науки, методологические принципы познания, выработанные за многовековую историю, накопленная источниковая база позволяют выстраивать долгосрочные прогнозы развития мировой цивилизации, в которой Россия суверенно определяет своё будущее.

Миссия экспертного сообщества учёных РАН состоит в противодействии фальсификациям истории, паранаучным представлениям о прошлом, в отстаивании академических требований к достоверности научного знания. Искажение объективного понимания процессов и фактов отечественной и мировой истории и культуры имеет далеко идущие социальные и политические цели идеологических противников России, противодействующих тому суверенному пути, по которому движется страна.

Фундаментальные знания о закономерностях процессов исторического развития, эволюции русского языка и других языков многонациональной России, устной и письменной словесности и культуры в целом невозможно без выявления и систематизации памятников историко-культурного наследия. Это всегда была и остаётся одной из основных задач российской гуманитарной науки. Последние два десятилетия она решается со всё более активным использованием информационных технологий. Создание и поддержка информационных систем, в том числе на основе Big Data с элементами искусственного интеллекта, выполняющих инструментальную роль в анализе исторического, археологического, литературного, лингвистического материала, является сегодня приоритетным направлением работы академических институтов гуманитарного профиля. Комплексное развитие гуманитарных дисциплин в настоящее время невозможно без подготовки научно-популярных и образовательных мультимедийных проектов, подкастов, документальных фильмов, организации и ведения социально ориентированных ресурсов, распространяющих информацию и знакомящих широкую общественность с достижениями российской гуманитарной науки.

В 2023 году научно-исследовательские учреждения Москвы, Санкт-Петербурга, Уральского, Сибирского и Дальневосточного отделений РАН, региональных научных центров северо-запада России, Поволжья и Кавказского региона, находящиеся под научно-методическим руководством Отделения историко-филологических наук РАН, продолжили реализацию исследовательских и издательских проектов по тематике научно-исследовательских работ, успешно прошедших экспертизу РАН. Из печати вышли десятки различных книжных публикаций: монографии, сборники статей и архивных материалов, академические полные собрания сочинений, энциклопедические и справочные издания, словари, каталоги. Наиболее значимые проекты выполнены большими научными коллективами.

2023 год предшествовал юбилейному для Российской академии наук 2024 году. Трёхсотлетию РАН был приурочен выход в свет ряда изданий, касающихся истории отечественной академической науки.

300-летию была также посвящена научная сессия Отделения историко-филологических наук «300-летие российской науки», состоявшаяся 11 декабря 2023 года. История Академии на ней была рассмотрена через этапы и события, определившие ключевые тенденции развития науки и российского общества в XVIII–XX столетиях. В числе докладчиков выступили руководители и сотрудники Архива РАН и Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, двух базовых научных учреждений, занимающихся историей Академии, отечественной и мировой науки в целом. Были также представлены доклады от академических институтов Урала и Сибири – регионов, которые во многом были площадками для реализации самых передовых идей российских учёных. В научных сообщениях, основанных на архивных материалах и малоизвестных источниках, был представлен анализ институциональной эволюции науки в России, который позволяет говорить о системном вкладе РАН в обеспечение поддержки национальных интересов и решения государственных задач.

В академических институтах, находящихся под научно-методическим руководством ОИФН РАН, в 2023 году состоялись десятки научных форумов — конгрессы, конференции, симпозиумы, круглые столы, семинары.

Наиболее значимые:

XV Конгресс антропологов и этнологов России (КАЭР), организованный и проведённый 26–30 июня в Санкт-Петербурге Институтом этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН, Ассоциацией антропологов и этнологов России, Музеем антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН при поддержке Санкт-Петербургского государственного университета и Федерального агентства по делам национальностей.

Международная конференция «Национальные академии наук стран СНГ: история и современность» прошла 11 октября в Москве. Организатор – Институт всеобщей истории РАН при поддержке Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств – участников Содружества Независимых Государств и Международного общественного фонда «Российский фонд мира».

III Всероссийское совещание славистов, посвящённое 300-летию Российской академии наук, 24–26 октября провёл в Москве Институт славяноведения РАН.

Международная летняя школа молодых учёных-историков стран СНГ «Исторические тексты: культура их создания и интерпретации» состоялась 30 октября -

5 ноября 2023 г. (Ташкент, Узбекистан). Организаторы: Институт всеобщей истории РАН, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД Российской Федерации при финансовой и организационной поддержке Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств – участников СНГ и Международной ассоциации (комиссии) историков и архивистов государств – участников СНГ.

2023 год в России был годом педагога и наставника. На стратегической сессии бюро ОИФН РАН «Молодёжные лаборатории: итоги и перспективы научных исследований», состоявшейся 15 марта, были рассмотрены результаты работы молодёжных лабораторий, созданных по программе Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в 2019 году в академических центрах Москвы (Институт мировой литературы им. А.М. Горького РАН, Институт всеобщей истории РАН, Институт языкознания РАН), Санкт-Петербурга (Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН, Институт лингвистических исследований РАН, Институт русской литературы (Пушкинский Дом) РАН), Екатеринбурга (Институт истории и археологии УрО РАН), Новосибирска (Институт археологии и этнографии СО РАН), Улан-Удэ (Институт монголоведения, буддологии и тибетологии СО РАН), Владивостока (Институт истории, археологии и этнографии ДВО РАН).

По итогам обсуждения результаты научно-исследовательских программ молодёжных лабораторий за 2019-2023 гг. были одобрены. Отмечено, что их работа пришлось на период пандемии, определённые сложности вызвал и 2022 г., но отчёты руководителей показали, что молодые сотрудники ведут полноценную научно-исследовательскую работу, и в целом молодёжные лаборатории нашли свою нишу в структуре задач, стоящих перед институтами. Созданные буквально с нуля лаборатории стали стимулом для развития отечественной науки и её омоложения.

«Год педагога и наставника», предшествующий 300-летию юбилею РАН, подчеркнул значение академического гуманитарного знания в жизни современного российского общества. Обращение к истории, осмысление деятельности выдающихся учёных России и взаимодействия науки и государства сформировали особый контекст понимания механизмов преемственности в академической науке, который реализуется в особом внимании к молодёжи, её привлечению к решению в институтах, находящихся под научно-методическим руководством ОИФН РАН, фундаментальных вопросов историко-филологических наук и их практической реализации.

## **ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2023 ГОДУ**

### **Отечественная история**

В третьем томе четырёхтомного издания «История Сибири» (Рис.162), подготовленном к 300-летию Российской академии наук, отражены события, происходившие на территории Сибири в Новое время (конец XVI – начало XX в.) (Рис.163).

Книга подводит определённый итог изучения истории Сибири, показывает роль населения и государственного аппарата в её заселении и хозяйственном освоении, в процессах формирования единого с Россией социокультурного пространства.

Организация: ИИ СО РАН.

Публикация:

История Сибири в 4-х томах. Том 3. Новое время (конец XVI – начало XX века) / отв. редакторы А.Х. Элерт, М.В. Шиловский. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2023. – 812 с. ISBN 978-5-7803-0342-8



Рис. 162. Издание История Сибири. Том 3. Новое время (конец XVI – начало XX века)



Рис. 163. Миниатюры «Поход Ермака в Сибирь» из Ремезовской летописи, конец XVII – начало XVIII в. (по: [Ремезов, 1880])



Монография «Политическое развитие Средневековой Руси» посвящена ключевым проблемам политической истории Руси до XVI в. В первой части работы рассматриваются этапы политического развития в домонгольский период. Изучаются вопросы о стадии развития восточнославянского общества накануне образования государства Русь, о так называемом иноземном воздействии на формирование древнерусской государственности, территориальной структуре Руси, времени наступления политической раздробленности. Вторая часть посвящена княжеской власти: исследуются принципы её наследования и княжеская титулатура. В третьей части речь идёт о политических переменах, происшедших в эпоху ордынского владычества в Восточной Европе. Рассматриваются такие проблемы, как территориально-политические изменения на Руси, вопрос о политической преемственности между Киевом, Владимиром и Москвой, а также факторы, приведшие московских князей к верховной власти.

Организация: ИРИ РАН.

*Публикация:*

Горский А.А. Политическое развитие Средневековой Руси. М.: Наука, 2023. 245 с. ISBN 978-5-02-040960-6

## Всеобщая история

### *Иудаизм, ислам и христианство в истории алан*



Впервые представлена обобщающая картина истории авраамических религий в аланском обществе в раннем средневековье. Подтверждён политеизм религиозных воззрений алан, сохранявший существенный потенциал на всём протяжении раннего средневековья. Подвергнуты критике идеи об оригинальном «аланском монотеизме», о принятии зороастризма. Установлено, что в рамках Хазарского каганата аланы остались в стороне от принятия иудаизма, хотя имели различные контакты с его представителями, что могло оказать влияние на отдельные сферы аланской культуры. Впервые комплексно рассмотрен вопрос об активизации в золотоордынский период католической миссионерской деятельности среди алан в империи Юань, в землях Золотой Орды – Крыма и Северного Кавказа.

Организация: Северо-Осетинский институт гуманитарных и социальных исследований имени В.И. Абаева ВНИЦ РАН.

*Публикация:*

Туаллагов А.А. Иудаизм, ислам и христианство в истории алан. – Владикавказ: СОИГСИ ВНИЦ РАН, 2023. – 600 с.

## Археологические исследования

### *Археология Суздальской земли (Archaeology of the Suzdal' Country)*

В издании представлены основные результаты археологических исследований в Суздальском Ополье, на территории «малой» Суздальской земли, проведённых в 2001–2019 гг. экспедицией ИА РАН и ГИМ. Новые исследования открывают «малую» Суздальскую землю как плотную сеть поселений, период максимального роста которой приходится на XII – первую половину XIII в. Формирование этого ядра во многом способствовало политическому возвышению Северо-Восточной Руси. Одним из важнейших результатов является выявление археологических следов древнерусской элиты в сельских ландшафтах и связанное с ним новое понимание особенностей формирования властных отношений в Северо-Восточной Руси в X–XIII вв. Кроме того, новые археологические материалы дают более объёмное понимание Суздальской земли как одного из очагов формирования древнерусской культуры, форм хозяйственной жизни, ремесла, повседневного обихода и самосознания, закрепившихся в традиции на протяжении столетий.

Организация: Институт археологии РАН.

*Публикация:*

Археология Суздальской земли (Archaeology of the Suzdal' Country): в 2 томах / Российская академия наук, Институт археологии; отв. ред. Н.А. Макаров, составитель Н.Д. Угулава. М.; Вологда: Древности Севера, 2023 (Рис. 164)

Т.1: Расселение и культурный ландшафт. 287 с.

Т. 2: Культура, общество, идентичность. 424 с.



**Рис. 164.** Издание Археология Суздальской земли в 2 томах

### ***Исследование христианского храма VII-XIII вв. на территории византийского провинциального города на плато Эски-Кермен в Юго-Западном Крыму***

На территории византийского провинциального города, располагавшегося на плато Эски-Кермен в Юго-западном Крыму, исследован христианский ононефный, одноапсидный храм (руководитель раскопок – Хайрединова Э.А.). Храм,

возведённый вероятно на рубеже VI-VII вв., располагался около северного входа в город (Рис. 165, Рис. 166). По величине это было второе, после главной базилики, здание в городе. Размеры храма, его внутреннее убранство, свидетельствуют об уникальном для Юго-Западного Крыма культовом сооружении, функционировавшем в северной части города на плато Эски-Кермен с раннесредневекового времени до конца XIII в. Открытие значительно расширяет наши представления о материальной и духовной культуре христианского населения византийской провинции в Крыму. В работе экспедиции принимали участие сотрудники Научно-исследовательского центра истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

Организация: Институт археологии Крыма РАН.



Рис. 165. «Северный» храм на плато Эски-Кермен. Общий вид сверху

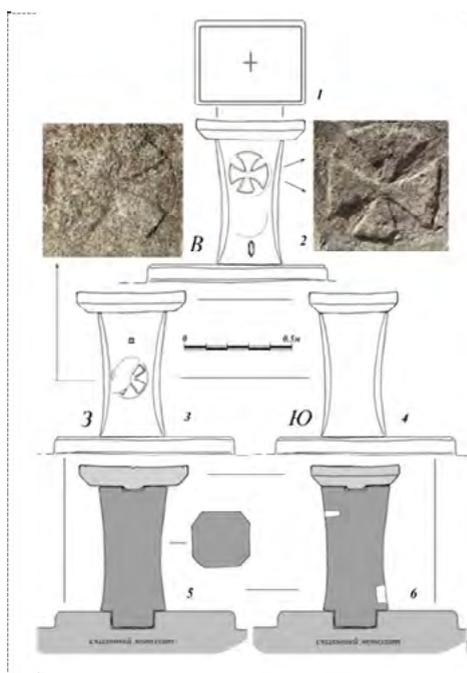


Рис. 166. «Северный» храм на плато Эски-Кермен. Престол храма

### ***Изучение обрядовой практики эпохи раннего неолита по материалам сакрального архитектурного комплекса на юге Западной Сибири***

Проведено аналитическое комплексное исследование уникального ранне-неолитического святилища (Рис. 167), расположенного в Венгеровском районе Новосибирской области (авторы – академик РАН Молодин В.И., Мильникова Л.Н., Нестерова М.С.). Научная новизна открытия состоит в том, что оно кардинальным образом меняет наши представления о содержании неолита, когда на его раннем этапе уже появляются подобного рода феномены. Открытие таких комплексов позволяет считать, что сакральная архитектура является важ-

нейшим компонентом «неолитического пакета» на данной территории. В результате мультидисциплинарного исследования получена уникальная информация о проявлениях обрядовой практики, свидетельствующая о чрезвычайно сложной мифологии, сложившейся у западносибирских охотников и рыбаков на заре новокаменного века.

Организация: Институт археологии и этнографии СО РАН.



**Рис. 167.** Ранненеолитическое святилище Карьер-Тай: а – фото раскопов, б – план святилища, в – приклад костяных и каменных предметов с фигурой птицы.

## Антропология и этнология

### *Женщина в карельской деревне: изменение статусов и ролей (вторая половина XIX – начало XX в.)*

На основе широкого круга исторических и этнографических источников впервые комплексно изучено разнообразие женских статусов и ролей в карельской семье и за её пределами во временной динамике конца XIX – начала XX вв.



Выявлено влияние модернизационных преобразований на традиционный жизненный уклад карельской женщины. Изучены варианты социовозрастной стратификации на протяжении всей жизни – особенности социализации девочек в карельской традиционной культуре, переходный характер статуса девушки, повседневность замужней женщины, социокультурный статус и роли пожилой карелки. На региональном материале исследованы такие социально малозащищённые группы женского населения, как вдовы и солдатки. В рамках исследования проанализированы формы внесемейной занятости

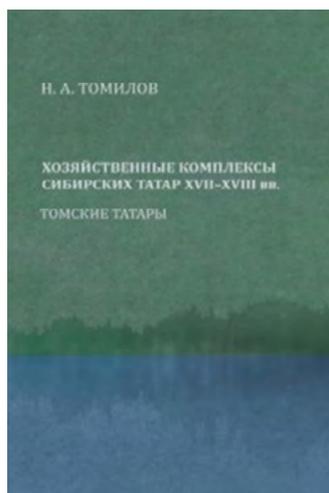
– традиционные для сельской местности женские занятия (повитухи, знахарки, причитальщицы), так и приносящая доход деятельность (отходницы, предпринимательницы, ремесленницы).

Организация: ИЯЛИ КарНЦ РАН.

*Публикация:*

Литвин Ю.В. Женщина в карельской деревне: изменение статусов и ролей (вторая половина XIX – начало XX в.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2023. 346 с.

### ***Хозяйственные комплексы сибирских татар XVII–XVIII вв. Томские татары***



В монографии представлены результаты исследования хозяйственных комплексов сибирских татар (томской группы) XVII – XVIII вв. путём реконструкции их хозяйственных занятий на основе комплексного использования исторических, археологических и этнографических источников. Новизна и специфика работы состоит в выделении хозяйственных комплексов у сибирских татар с учётом природных и социально-экономических условий их жизнедеятельности, в обосновании типологии этих комплексов. В хозяйственно-культурный комплекс помимо хозяйственных систем включаются и обеспечивающие хозяйственную деятельность населения явления природно-средовой, материальной, сионормативной и духовной культуры.

Организация: Институт археологии и этнографии СО РАН.

*Публикация:*

Томилов Н.А. Хозяйственные комплексы сибирских татар XVII–XVIII вв. Томские татары. – Новосибирск: СО РАН: ИАЭТ СО РАН, 2023. – 206 с. ISBN 978-5-6049900-1-8 (СО РАН) ISBN 978-5-7803-0338-1 (ИАЭТ СО РАН)

## Языкознание

### *Русский этимологический словарь*



Издание представляет собой свод этимологий, охватывающий основной словарный фонд русского языка. На основе достижений современной филологической науки в нём рассматриваются происхождение и история русских слов, в том числе значительный пласт личных имён и географических названий; в большом объёме представлена этимология диалектной, древнерусской и старорусской лексики. 17-й выпуск словаря содержит лексику *от жихарь I до засьондывать* (около 950 словарных статей).

Организации: ИРЯ РАН, ИФЛ СО РАН.

*Публикация:*

Аникин А.Е. Русский этимологический словарь. Вып. 17. – М.: Институт русского языка им. В.В. Виноградова РАН; Институт филологии Сибирского отделения РАН, 2023. – 392 с.

### *Хеттский синтаксис в научном освещении*



Монография является первым русскоязычным изданием, последовательно применяющим аппарат современной синтаксической теории к материалу хеттского языка – мёртвого языка анатолийской ветви индоевропейской семьи. Впервые получают теоретическое осмысление такие ключевые явления хеттского языка, как предглагольная позиция выделенных элементов клаузы при последовательном левостороннем ветвлении, синтаксис аргументных клитик, внутренняя структура клитического комплекса. На новом теоретическом уровне описываются аргументные свойства нефинитных форм глагола, устанавливается иерархическая структура полипредикативных финитных конструкций, и выявляются закономерности их линеаризации.

Организация: Институт языкознания РАН.

*Публикация:*

Лютикова Е.А., Сидельцев А.В. Хеттский синтаксис в научном освещении. М.: Буки-Веди, 2023. 560 с. ISBN 978-5-4465-3851-5.

## Литературоведение

### *Словарь течений литературы XX века. Словарь течений литературы XX века*



Коллективный труд энциклопедического типа, представляющий все сколько-нибудь значимые литературные течения и группы XX в. большинства стран Европы и Америки, является первой энциклопедией подобного рода на русском языке. По охвату материала в столь детальном освещении и его концептуальной разработке данное издание не имеет аналогов и в зарубежном литературоведении. Словарь содержит 603 статьи, представляющих как интернациональные течения (такие, как реализм, авангардизм, экспрессионизм, сюрреализм, модернизм, постмодернизм и др., всего 31), так и специфические национальные течения и литературные объединения. Статьи о литературах призваны дать возможно более полное представление о течении или литературной группе, включая следующие моменты: история зарождения и развития литературного течения (или история его заимствования и усвоения на той или иной национальной почве); основные представители и произведения; философско-мировоззренческая основа и идеологическая подоплека; устойчивые темы, мотивы, образы, сюжеты; эстетические принципы.

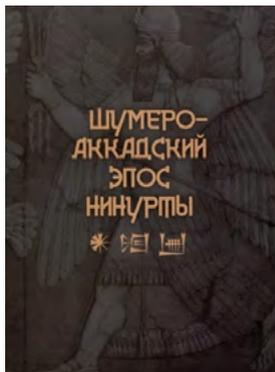
Организация: Институт мировой литературы имени А.М. Горького РАН.

*Публикации:*

Словарь течений литературы XX века. Россия, Европа, Америка. В двух книгах. Книга первая: А–О / отв. ред. А.Ф. Кофман; редколлегия: Е.Д. Гальцова, Ю.Н. Гирин, В.Б. Зусева-Озкан, Т.В. Кудрявцева, О.Ю. Панова, О.И. Половинкина, И.А. Эбаноидзе. – М.: ИМЛИ РАН, «Река времен», 2023. – 904 с.

Словарь течений литературы XX века. Россия, Европа, Америка. В двух книгах. Книга вторая: П–Я. Указатели / отв. ред. А.Ф. Кофман; редколлегия: Е.Д. Гальцова, Ю.Н. Гирин, В.Б. Зусева-Озкан, Т.В. Кудрявцева, О.Ю. Панова, О.И. Половинкина, И.А. Эбаноидзе. – М.: ИМЛИ РАН, «Река времен», 2023. – 960 с.

## Шумеро-аккадский эпос *Нинурты*



Самые ранние из известных нам эпических текстов были записаны на глиняных табличках в южной Месопотамии в конце III – начале II тыс. до н. э. на шумерском и аккадском языках. Это так называемый мифологический эпос, главным героем которого является бог Нинурта. Тот же самый эпос нашёл своё отражение в надписях на глиняных цилиндрах и статуях Гудеа – правителя города Лагаша (ок. 2143 ок. 2123 гг. до н. э.). В настоящем издании эти памятники впервые переведены на русский язык вместе и исследованы как единый комплекс представлений о мироздании, возникший в Лагаше и Ниппуре в XXIII – XXII вв. до н.э.

Организации: ИЛИ РАН, Санкт-Петербургский государственный университет.  
Публикация:

Шумеро-аккадский эпос Нинурты / Подг. В.В. Емельянов. Отв. ред. Н.Н. Казанский. СПб.: Наука, 2023. 351 с. (Серия «Литературные памятники»)

## Инновационный потенциал

### *Энциклопедическая база данных и атлас «Языки мира онлайн»*

Энциклопедическая база данных и атлас «Языки мира» продолжает традицию базы данных «Языки мира», выводя её на новый уровень (руководитель авторского коллектива: Д.И. Коломацкий). Формализованные описания представленных в печатной энциклопедии «Языки мира» языков и диалектов доступны онлайн вместе с оцифрованными томами энциклопедии. Пользователи имеют возможность просматривать интерактивную карту и распределение языков по значениям каждого из признаков (Рис. 168). Представленные в предыдущих версиях БД проверяются на лингвистическую достоверность, благодаря чему повышается научная ценность базы данных.

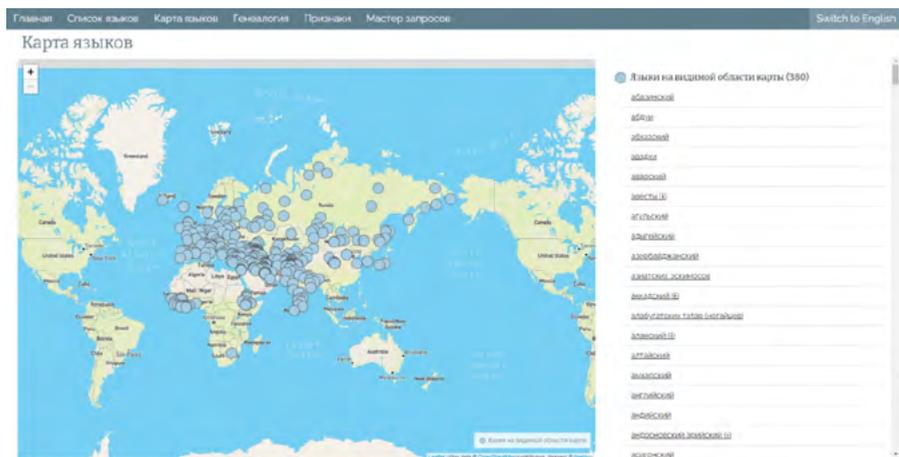


Рис. 168. Интерактивная карта распределения языков

*Сфера применения результата, степень его готовности к практическому применению:* энциклопедическая база данных и атлас «Языки мира онлайн» будет полезен преподавателям лингвистики в высших учебных заведениях и лингвистам, начинающим исследовательскую работу в новом для себя направлении. Предварительная версия базы данных доступна по ссылке <https://lemontree210.pythonanywhere.com/>. После утверждения экспертами из числа членов авторского коллектива база данных будет размещена по другому постоянному адресу.

Организация: ИЯз РАН.

### ***Диалектная база карельского языка «Murreh» с модулем кластеризации для проведения лингвогеографических исследований***

Диалектная база «Murreh» (<http://murreh.krc.karelia.ru/>) знакомит с говорами карельского языка Карелии, Тверской, Ленинградской, Новгородской и Мурманской областей – 212 пунктов (авторы-исполнители: И.П. Новак, Н.Б. Крижановская). Создание и наполнение базы велось с 2020 по 2023 гг. усилиями сотрудников ИЯЛИ КарНЦ РАН и ИПМИ КарНЦ РАН с целью хранения, систематизации и анализа диалектных данных для их дальнейшего использования в процессе решения актуальных проблем прибалтийско-финского языкознания.

В основу базы положены расшифрованные и оцифрованные архивные материалы по фонетике, фонологии, морфологии и лексике, полученные сотрудниками ИЯЛИ КарНЦ в экспедициях 1937–1973 гг. (около 320 тыс. ед.), а также лексические материалы 1979–1981 гг. из «Сопоставительно-ономасиологического словаря диалектов карельского, вепсского и саамского языков» (2007; 40 тыс. ед.). База даёт возможность осуществлять поиск по анкетам, сравнивать их между собой, выводить варианты ответов на карту (Рис. 169).

Исследовательский модуль базы позволяет выполнять кластеризацию многомерных разнородных языковых данных различными иерархическими и итеративными методами, позволяя тем самым делить весь массив говоров по заданным параметрам на группы, т.е. проводить изоглоссы диалектно-дифференцирующих явлений.

Кроме решения проблем карельской диалектологии, имеющих прямой выход в практику языкового строительства, база может быть использована в качестве основы для приложения по определению диалектной принадлежности текстов на карельском языке, а также в процессе преподавания целого ряда дисциплин в высших учебных заведениях.

*Сфера применения результата, степень его готовности к практическому применению:* в конце 2023 г. завершена работа по наполнению и созданию диалектной базы данных карельского языка «Murreh» и её исследовательского модуля. Материалы и инструменты базы уже выступили в качестве источников и методологической основы для проведения ряда актуальных диалектометрических исследований по карельской диалектологии. На завершающей стадии находится лингвогеографическое исследование карельских говоров, результатом которого станет разработка их научной лингвистически обоснованной классификации. Полученные результаты играют важную роль в процессе становления нормированных вариантов карельского языка. Данные базы также могут быть использованы в

ходе преподавания ряда дисциплин в высших учебных заведениях региона («Карельский язык», «Диалектология карельского языка», «Введение в финно-угроведение», «История прибалтийско-финских языков», «История и методология феннистики») и выступать основой для написания выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций.

Организации: ИЯЛИ КарНЦ РАН, ИПМИ КарНЦ РАН.

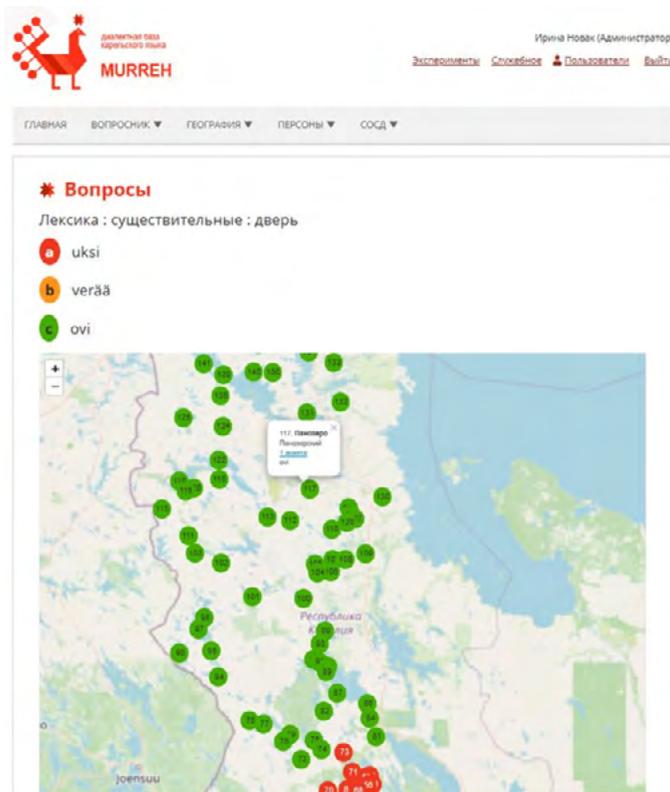


Рис. 169. Фрагмент сайта Диалектной базы карельского языка «Murren»

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

### О РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СФЕРЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК И ВАЖНЕЙШИХ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ, ПОЛУЧЕННЫХ РОССИЙСКИМИ УЧЕНЫМИ В 2023 ГОДУ

Государственная научно-техническая политика в сфере сельскохозяйственных наук в Российской Федерации направлена на реализацию Указа Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяй-

ства» и приоритетных направлений развития сельского хозяйства, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р.

Разнообразие эколого-географических и почвенно-климатических условий в Российской Федерации требует проведения научных исследований в комплексе – фундаментальных, поисковых и прикладных, тематика которых в 2023 году выполнялась в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований Российской Федерации на период 2021-2030 гг. по шести основным направлениям: экономика, земельные отношения и социальное развитие села; земледелие, мелиорация, водное и лесное хозяйство; растениеводство, защита и биотехнология растений; зоотехния и ветеринария; механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства; хранение и переработка сельскохозяйственной продукции.

Анализ результатов выполнения этих научных исследований показал, что по ряду направлений фундаментальной сельскохозяйственной науки исследования, проводимые российскими учеными, находятся на мировом уровне. К ним относятся комплексные фундаментальные и прикладные исследования, направленные на создание новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, пород, типов и кроссов животных, птиц, насекомых и аквакультуры; разработку технологий, технологических систем и процессов производства сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки, новых видов удобрений, ветпрепаратов, продуктов питания.

***В области экономики, земельных отношений и социального развития села*** в условиях глобализации мирового сообщества, негативных тенденций, сложившихся на фоне многолетних рыночных преобразований, в целях эффективного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации наибольшую значимость приобретает определение приоритетных направлений его стратегического развития, совершенствование управления и организации сельскохозяйственного производства, повышение его конкурентоспособности, разработка новой парадигмы устойчивого развития сельских территорий, а также ускорение инновационно-технологического развития отраслей для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации.

Результаты научных исследований, проведенных учеными Отделения сельскохозяйственной науки РАН в 2023 году, позволили разработать научную продукцию, к важнейшей из которой относятся:

- теоретические основы формирования и развития рынка сельскохозяйственной техники в России в условиях санкционного давления и импортозамещения, определяющие долгосрочное качественное техническое обеспечение сельского хозяйства сельскохозяйственной техникой и машинами (ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ);

- модели развития локальных аграрных рынков с учетом трансформации сельскохозяйственного производства, обеспечивающие точечную оптимизацию затрат и эффективное распределение средств и способствующие росту объемов аграрно-

го производства, диверсификации агробизнеса и повышению продовольственной безопасности страны (НИИЭОАПК ЦЧР-филиал ФГБНУ Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»);

- методология и механизмы реализации стратегических направлений развития аграрного сектора и сельских территорий России, способствующие снижению уровня бедности населения и повышению эффективности государственной поддержки агропромышленного комплекса и сельских территорий (ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ).

К разработкам мирового уровня относятся:

- стратегия инновационного развития подотраслей АПК России на период до 2035 года, способствующая повышению конкурентоспособности в сельском хозяйстве, пищевой и перерабатывающей промышленности и позволяющая преодолеть их зависимость от иностранных технологий (ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ).

***По направлению земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства*** продолжены исследования по сохранению и повышению плодородия почв в различных природно-климатических зонах России, эффективному использованию природно-ресурсного потенциала агроландшафтов, разработке новых агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, конструированию эффективных микробно-растительных систем, мелиоративных, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов в условиях глобальных изменений климата.

По результатам исследований в 2023 г., с использованием научного задела прошлых лет, разработаны:

- карта антропогенного воздействия на состояние почв и картограммы деградации почвенного покрова России вследствие лесных пожаров и промышленных вырубок (ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»);

- методическое руководство по оценке засоления почв (ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»);

- методика оперативного управления поливами на землях сельскохозяйственного назначения, оборудованных системой орошения с использованием широкозахватной дождевальнoй техники (ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»);

- мобильный мелиоративный комплекс внутрпочвенного внесения жидких животноводческих стоков, позволяющий равномерно распределять стоки в пахотном слое почвы, обеспечивая снижение потерь элементов питания, уменьшение загрязнения окружающей среды, устранение запаха в сравнении с поверхностным способом их внесения (ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»);

- технология выращивания адаптивного посадочного материала дуба черешчатого (*Quercus Robur L.*) и сосны крымской (*Pinus Pallasiana l.*) с закрытой корневой системой для целей предотвращения деградации и опустынивания территорий (ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН»);

- технология улучшения качества воды в водоисточниках для орошения (ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»);

- методы восстановления работоспособности осушительного дренажа на сельскохозяйственных землях (ФГБНУ АФИ).

Создан штамм *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* RCAM 1026 – *gusR* для стимуляции эффективности симбиоза у бобовых растений и их устойчивости к фитопатогенным грибам (ФГБНУ ВНИИСХМ).

К разработкам мирового уровня относятся:

- полногеномное секвенирование модельного сильно отзывчивого на инокуляцию АМ-грибами растения – линии MIS-1 люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.) (ФГБНУ ВНИИСХМ);

- технология биологизации земледелия в системе прямого посева (No-till) для различных почвенно-климатических условий юга Российской Федерации (ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»).

**По направлению растениеводства, защиты и биотехнологии растений** продолжались исследования по созданию высокоурожайных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, разработке методов управления селекционным процессом, сортовых технологий и средств защиты растений.

Результаты фундаментальных исследований, проведенных в 2023 году, позволили разработать:

- методические положения ПЦР-идентификации вирусов косточковых культур для анализа генетической стабильности плодовых культур при культивировании *in vitro* (ФГБНУ СКФНЦСВВ);

- усовершенствованный метод выделения и очистки гидролизуемых таннинов с использованием экстракции, колоночного фракционирования, колоночной хроматографии и полупрепаративной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ФГБНУ ВИЛАР);

- методы цифрового фенотипирования для оценки эффективности гербицидных композиций, способствующие снижению гербицидной нагрузки на окружающую среду путем повышения эффективности действия гербицидов за счет улучшения их доставки в растения (ФГБНУ ВНИИСБ).

Созданы:

- сорт пшеницы мягкой озимой *Эрмитаж* среднеранний, полукарликовый высотой 98 см. Создан методом рекомбинации геномов уникальный амфидиплоид с геномной формулой AABBSR. Обладает высокой устойчивостью к стрессам абиотического и биотического характера, уникальной возможностью корневой системы эффективно извлекать из почвы элементы минерального питания и лидировать на среднем и бедном агрофоне как по урожайности, так и по качеству зерна. Сорт формирует крупное высоконатурное зерно (масса 1000 зерен 41-47 г, объемная масса 816 г) и соответствует требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам. Засухоустойчивость, жаростойкость, зимостойкость и морозостойкость высокие. Потенциальная урожайность – 12,5 т/га. Сорт на фоне искусственного заражения высокоустойчив к бурой и желтой ржавчине, умеренно устойчив к мучнистой росе, стеблевой ржавчине и септориозу (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»);

- сорт ржи озимой *Хлебница* среднерослый, зимостойкий, устойчив к поражению снежной плесенью, в засушливых условиях позволяет получать высокий урожай зерна – 5,1 т/га при потенциальной урожайности до 10,0 т/га; устойчив

к полеганию. Масса 1000 зерен – 35 г. Формирует высококачественное зерно. Сорт отличается хорошими хлебопекарными качествами (ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка», ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»);

- *сорт тритикале озимой Гуру АИГ* среднеранний, среднерослый (высота растений 95-120 см), устойчив к полеганию. Зерно среднего размера, масса 1000 зерен 40,0-48,7 г, хорошо выполненное, красное. Потенциальная урожайность – 10,0 т/га. Содержание белка в зерне – 15,0%, клейковины – 22 %, объемный выход хлеба 580-755 см<sup>3</sup>. Содержание крахмала в зерне – 65,2-68,2%. Высокая устойчивость сорта к повреждению злаковой мухой, не поражается вирусной карликовостью, мучнистой росой, пыльной и твердой головней, слабо поражается бурой ржавчиной, характеризуется полевой устойчивостью к пиренофорозу и корневым гнилям. Сорт слабо восприимчив к снежной плесени, вирусной и бактериальной пятнистости, фузариозам. Характеризуется высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью. Рекомендуется использовать в хлебопекарной промышленности при добавлении пшеничной муки, в кондитерской, комбикормовой промышленности, а также в производстве крахмалопродуктов (ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»);

- *сорт овса Вихрь*, среднеспелый, среднерослый – 80-90 см, устойчивый к полеганию. Потенциальная урожайность 8,5 т/га. Имеет среднее по крупности зерно, масса 1000 зерен 30-34 г. Содержание белка в зерне 10,1-11,0%. Натура зерна 495-530 г/л. Устойчив к мучнистой росе, корончатой ржавчине и корневым гнилям (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»);

- *гибрид томата F1 Профи*, раннеспелый, детерминантного типа предназначен для выращивания в условиях открытого грунта юга Российской Федерации. Период вегетации от всходов до созревания составляет 110-115 суток. Дружно созревающий. Растение мощное, густооблиственное. Плод кубовидной формы, плотный, не имеет зеленого пятна у плодоножки, насыщенно красный, вкусовые качества отличные. Средняя масса плода 70-80 г. Урожайность – до 92 т/га. Гибрид отличается высокой завязываемостью и товарностью плодов. Устойчив к вирусу табачной мозаики (Тm2а), фузариозному увяданию (F2), вертициллезному увяданию (Ve). Рекомендован для механизированной уборки и промышленной переработки. Имеет отличные вкусовые качества. Содержание сухого вещества – 5,5%, сахаров – 3,52%, аскорбиновой кислоты – 21,7 мг% (ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»);

- *сорт яблоны Гурман* пригоден для интенсивных технологий возделывания. Сорт зимнего срока созревания. Дерево среднерослое ветвистое, с овальной, средней густоты кроной. Плоды столового назначения, одномерные, округлой формы, с широкоребристой поверхностью, массой 160-210 г. Мякоть кремовая, плотная, колющаяся, полумаслянистая, мелкозернистая, сочная. Сорт среднеустойчив к парше. Урожайность более 30 т/га. Биохимические показатели качества плодов: сухих веществ – 15,5%, сахаров – 11,3%, витамина С – 15,2 мг% (ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина).

Пополнение российской коллекции генетических ресурсов растений, насчитывающей 400 тыс. единиц хранения семенных коллекций растений, на 2,9 тыс. образцов (ФГБНУ ВИР).

К разработкам мирового уровня относятся:

- новый метод для целевого секвенирования инсерций транспозонов в геноме растений CANS, позволяющий применить мутагенный потенциал транспозонов при создании новых перспективных форм сельскохозяйственных растений (ФГБНУ ВНИИСБ);

- экземпляры растений картофеля с изменённым геном EDR1 (при использовании системы редактирования генома CRISPR/Cas9), устойчивые к альтернариозу и фитофторозу (ФГБНУ ВНИИСБ).

**По направлению зоотехнии и ветеринарии** продолжены исследования по созданию новых селекционных форм в животноводстве; усовершенствованию традиционных пород, способных обеспечить импортозамещение генетических ресурсов животных, необходимых для интенсификации производства мясной и молочной продукции; разработке методик управления метаболизмом в организме животных для прижизненного формирования функциональных свойств продукции; созданию эффективной системы охраны здоровья животных и производства безопасной животноводческой продукции.

По результатам научных исследований, проведенных в 2023 году, с использованием научного задела прошлых лет, разработаны (созданы):

- технология получения и применения рекомбинантного миостатина с целью повышения мясной продуктивности овец (ВНИИФБиП – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста);

- метод оценки популяции кроликов по фенотипу для создания новых селекционных форм (пород, типов), позволяющий увеличить объемы высокопродуктивного племенного поголовья России и вытеснить зарубежные аналоги (ФГБНУ НИИПЗК);

- штамм бактерий *Gallibacterium anatis*, предназначенный для получения моно- и поливалентных иммуногенных композиций, направленных на специфическую профилактику галлибактериоза сельскохозяйственных птиц и позволяющий повысить уровень эпизоотического благополучия птиц (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН);

- технология получения *in vitro* эмбрионов овец и их трансплантации животным-реципиентам, позволяющая повысить эффективность работ по воспроизводству и созданию новых генотипов овец (ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста).

К разработкам мирового уровня относятся:

- способ иммунофенотипирования лейкоцитов в тканях органов свиней и на мазках крови с использованием непрямой иммуногистохимической реакции на основании моноклональных антител, позволяющий идентифицировать и определить их относительное и абсолютное количество, оценить процессы гистогенеза в иммунных органах, что важно для изучения патогенеза и иммунного ответа при инфекционных заболеваниях (ВНИИП - филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН);

- способ диагностики классической чумы свиней с помощью флуоресцентной гибридизации *IN-SITU* (FISH), позволяющий определить локализацию антигена в организме, а также сопоставить наличие антигена с патогистологическими изменениями, тем самым подтвердить патологическое влияние вируса на заражен-

ные ткани и органы. Использование данного способа важно для патоморфологических исследований и способствует точной дифференциальной диагностике, изучению патогенеза иммунного ответа у больного животного (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН).

***По направлению механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства*** продолжены работы по исследованию процессов энергообеспечения, энергоресурсосбережения, возобновляемых и альтернативных источников энергии, а также разработке экологически безопасных машинных технологий, роботизированной техники и цифровых систем для производства высококачественной сельскохозяйственной продукции.

Фундаментальные исследования, проведенные в 2023 году, с использованием наработок предыдущих лет позволили разработать:

- систему цифрового мониторинга состояния многолетних плодовых насаждений, обеспечивающую прогнозирование урожайности плодового сада с точностью 78%- 96% на основе оптической визуализации, алгоритмов машинного обучения, моделей свёрточных нейронных сетей (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- технологию утилизации высоковлажных отходов крупных животноводческих и птицеводческих предприятий с использованием низкотемпературной неравновесной плазмы, обеспечивающую утилизацию до 40-60 % отходов с получением водоугольного топлива в качестве энергоносителя для отопительных систем предприятия (СибИМЭ СФНЦА РАН);

- инновационный высокопроизводительный вспушиватель лент льна с увеличенным сроком службы (до 10 раз), обеспечивающий высокое качество получаемой продукции с видеоконтролем технологического процесса (ФНЦ Лубяных культур);

- технологию изготовления форсунок сельскохозяйственных опрыскивателей из полимерных композиционных материалов на основе полиацеталя и карбида кремния, обеспечивающую повышение их износостойкости и долговечности до 10%. Патент № 2790688 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- экспериментальный образец устройства сезонного резервирования электроснабжения, обеспечивающий резервирование групп потребителей (или электроприёмников), имеющих сезонный характер работы. Патент № 2789992(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- технологию гидропонного выращивания ягодных культур в закрытых искусственных агроэкосистемах, позволяющую ускорить селекционный процесс получения новых сортов ягодных культур. Патент № 2794787 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- технологию упрочнения (восстановления) клапанов двигателей ЯМЗ-238 с использованием скоростного ТВЧ-борирования, обеспечивающую за счет комплексного легирования формирование карбидных и боридных структур высокой износостойкости и жаропрочности (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

К разработкам мирового уровня относится:

- роботизированный гидропневматический иньектор на автоматизированной платформе, осуществляющий адресный внутрпочвенный полив и локальное внесение питательных веществ на основе полимерных гидрогелей в корневую зону многолетних культур (плодовые, ягодные, виноградники, эфиромасличные, декоративные растения) по электронной карте задания с автоматической регулировкой режимов внесения питательных веществ на глубину корнеобитаемого

слоя до 60 см. Обеспечивает высокое качество и эффективность внесения жидких минеральных удобрений, экономию препаратов до 20%, на внутрипочвенном поле до 15%, сокращение производственных издержек до 25%. Патент №2802309 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

**По направлению хранения и переработки сельскохозяйственной продукции** продолжены исследования по решению проблем интегрального контроля производства сельскохозяйственного сырья и продуктов питания; созданию инновационных технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья; разработке методов управления процессами хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов.

Фундаментальные исследования, проведенные в 2023 году, с использованием наработок прошлых лет, позволили разработать:

- способ получения ферментативных гидролизатов и биомодифицированных трехкомпонентных отрубей, позволяющий производить ценные компоненты для создания новых продуктов сбалансированного состава с повышенной пищевой и биологической ценностью, обогащенных жирными кислотами семейства  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6, незаменимыми аминокислотами, отвечающих современным требованиям нутрициологии (ВНИИЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- метод определения количества примеси сухого молока в натуральном сыром молоке при проведении оценки качества молока в лабораториях пищевой безопасности (ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- технологию специализированных продуктов для питания детей, предназначенную для поддержания нормального состава микрофлоры кишечника (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- технологию идентификации виноматериалов и вин ПЦР-анализом микросателлитных локусов хлоропластной ДНК винограда (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- методики протеолиза *in vitro* и оценки кишечной проницаемости *ex vivo*, изучения биоконверсии белковых соединений на примере классических белков альбумина и казеина для определения пищевой ценности продукта, его переваримости и всасываемости целевых элементов стенками кишечника (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- способ ПЦР-ПДРФ-анализа для видовой идентификации молока и молочной продукции от сельскохозяйственных жвачных животных по гену каппа-казеина; (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- технологию производства мультизерновых хлебобулочных изделий с применением закваски направленного культивирования микроорганизмов на цельнозерновой муке, позволяющую продлить сроки годности продукта за счёт бактериостатических свойств органических кислот, входящих в состав закваски (ФГАНУ «НИИ хлебопекарной промышленности»).

К разработкам мирового уровня относятся:

- технология производства мясных изделий для профилактики онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний с целью включения их в реабилитационные профилактические мероприятия (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН).

Результаты фундаментальных исследований, выполненных учеными сельскохозяйственной науки (методы селекции, включая и отдаленную гибридизацию, новые методы мобилизации, сохранения и рационального использования генофонда растений, животных, птиц, рыб и полезных насекомых, генно-инженерные конструкции симбиотических систем, генно-инженерные методы и биотехнологии создания растительно-микробных систем, устойчивых к стрессам, новые формы микроорганизмов и др.), послужили основой для проведения прикладных научных исследований, позволивших в 2023 году, с учетом научного задела прошлых лет, создать 285 конкурентоспособных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, по урожайности и качеству продукции не уступающих мировым аналогам; два типа и породу животных; разработать 164 новых и усовершенствованных технологии и технологических процессов производства сельскохозяйственного сырья; 109 технологических способов и приемов производства сельскохозяйственной продукции; 73 единицы машин, приборов и оборудования; четыре вакцины, диагностикума, препарата и дезинфицирующих средств. Разработано новых и усовершенствовано существующих 114 методов и методик. Получено 794 патента на изобретения и селекционные достижения.

По материалам исследований издано 242 книги и монографии, опубликовано 15,9 тыс. статей, в том числе 13,9 тыс. ед. в БД РИНЦ, 629 - в Web of Science, 651 - в Scopus.

**Фундаментальные исследования в агропромышленном комплексе Российской Федерации в долгосрочной перспективе (прогноз до 2030 года) будут осуществляться по следующим направлениям:**

***В области экономики, земельных отношений и социального развития села***

Разработка новых и совершенствование существующих организационно-экономических механизмов развития агропромышленного комплекса страны в особых условиях глобализации, интеграционных процессов в мировой экономике, санкционного давления и импортозамещения. Совершенствование механизмов земельных отношений и устойчивого развития сельских территорий.

***В области земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства***

Разработка и совершенствование систем воспроизводства плодородия почв, предотвращения всех видов их деградации в условиях изменения климата, создание адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий нового поколения на основе цифровизации и регулирования потоков биогенных элементов в агроэкосистемах. Создание и эксплуатация оросительных и осушительных систем, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов. Разработка природоподобных технологий восстановления плодородия мелиорированных земель.

***В области растениеводства, защиты и биотехнологии растений***

Мобилизация, сохранение и изучение генетических ресурсов растений. Развитие сельскохозяйственной биотехнологии в целях создания новых высокопро-

дуктивных форм культурных растений, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды. Создание новых генотипов растений с хозяйственно ценными признаками и устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов и агроэкосистем. Системы фитосанитарного прогнозирования на основе усовершенствования традиционных методов с использованием информационных технологий. Новые природоподобные, биологические и химические средства защиты растений.

#### ***В области зоотехнии и ветеринарии***

Мобилизация, сохранение и изучение генофонда животных, птиц, насекомых и аквакультуры. Новые генотипы животных, птиц, насекомых и аквакультуры с хозяйственно ценными признаками и устойчивыми к стрессовым факторам. Разработка нового поколения противовирусных, антибактериальных, противопаразитарных и противогрибковых лекарственных препаратов, в том числе биологически активных веществ (БАВ), для сохранения эпизоотического благополучия и качества здоровья сельскохозяйственных животных, птиц, насекомых и аквакультуры. Обеспечение безопасности и противодействия биологическому терроризму.

#### ***В области механизации, электрификации и автоматизации***

Энергообеспечение и энергоресурсосбережение, возобновляемые источники энергии, беспилотные летательные аппараты и робототехника в агропромышленном комплексе. Интенсификация машинных технологий и новая энергонасыщенная техника для производства основных групп продовольствия; создание и применение робототехнических систем в сельскохозяйственном производстве.

#### ***В области хранения и переработки сельскохозяйственной продукции***

Базовые ресурсосберегающие технологии глубокой переработки сельскохозяйственного сырья, производства и хранения пищевых продуктов. Контроль качества продуктов питания.

## **ВАЖНЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ В 2023 ГОДУ**

Проведение фундаментальных научных исследований на современном уровне позволило в завершающем цикле выполнения прикладных исследований получить не уступающую мировым аналогам научно-техническую продукцию, к важнейшей из которой относится:

В области земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства для решения проблемы эффективного использования земли учеными разработаны технологии нового поколения.

Технология применения биологизированной системы защиты картофеля при орошении (Рис. 170) предназначена для получения качественных семян картофеля при орошении дождеванием в условиях гидротермической напряжённости климата в регионе Нижней Волги, основана на беспестицидном биологическом

методе защиты растений от болезней и вредителей путем стимулирования естественных механизмов формирования защитных реакций с помощью индукторов болезнестойчивости и микробных препаратов.

Предлагаемая технология обеспечивает получение урожайности до 31,6 т/га клубней, повышение семенной продуктивности картофеля до 6,3 т/га, показатели чистого дохода и рентабельности составляют соответственно 409,31 тыс. руб/га и 183,8%.

Разработчик – ВНИИОЗ - филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова».

Авторы: академик РАН Кружилин И.П., д.с.-х.н. Новиков А.А., чл.-кор. РАН Новиков А.Е., к.с.-х.н. Родин К.А., к.с.-х.н. Гиченкова О.Г.



**Рис. 170** Надземная масса и масса клубней картофеля в зависимости от системы защиты растений: а – химическая защита; б – биологическая защита

*В области растениеводства, защиты и биотехнологии растений* учеными созданы конкурентоспособные сорта сельскохозяйственных культур с высокой урожайностью и качеством продукции. К наиболее значимым из них относятся:

**Сорт пшеницы мягкой озимой Тур** (Рис. 171) полукарликовый 85-90 см среднеспелый. Сорт отличается высокой зерновой продуктивностью, масса 1000 зерен 40,4 г. Максимальная урожайность по предшественнику занятой пар – 12,5 т/га. Мукомольные и хлебопекарные качества зерна высокие. Характеризуется высоким содержанием белка 16,5%. Среднее содержание клейковины 30%. Общая хлебопекарная оценка 4,6 балла, хлеб отличается хорошей эластичностью и пористостью.

Сорт показывает высокую устойчивость к бурой ржавчине. Умеренно устойчив к септориозу, мучнистой росе и фузариозу колоса. Засухоустойчивость и жаростойкость сорта повышенные, зимостойкость высокая. Рекомендуется к использованию в производстве по пропашным предшественникам, в т.ч. на среднем и высоком агрофоне.

Оригинатор – ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

Авторы: академик РАН Беспалова Л.А., чл.-кор. РАН Боровик А.Н., д.с.-х.н. Кудряшов И.Н. и др.



**Рис. 171** Сорфт озимой мягкой пшеницы Тур

**Сорт пшеницы мягкой озимой СПБГУ 300** (Рис. 172) среднеспелый, полукарликовый 94 см. Сорт относится к сильным пшеницам и отличается высокой зерновой продуктивностью. Масса 1000 зерен 45 г. Потенциальная урожайность – 13 т/га. Сорт характеризуется высоким содержанием белка 15 %. Содержание клейковины – 30%. Мукомольные и хлебопекарные качества зерна сорта высокие. Объемный выход хлеба до 800 мл.

Сорт СПБГУ 300 на фоне искусственного заражения высокоустойчив к бурой ржавчине и мучнистой росе, устойчив к септориозу, умеренно устойчив к желтой ржавчине, фузариозу колоса и вирусным болезням, восприимчив к стеблевой ржавчине и твердой головне; обладает высокой засухоустойчивостью; зимостойкость и морозостойкость повышенная. Высокий иммунный статус сорта к группе фитопатогенов позволяет рекомендовать его для возделывания по безпестицидным технологиям, в органическом земледелии для получения экологически чистой продукции.

Оригинатор – ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

Авторы: академик РАН Беспалова Л.А., к.с.-х.н. Пузырная О.Ю., Агаева Е.В., чл.-кор. РАН Аблова И.Б., д.с.-х.н. Кудряшов И.Н. и др.



**Рис. 172.** Сорт озимой мягкой пшеницы СПБГУ 300

**Сорт ячменя озимого Марк** (Рис. 173) среднеспелый, среднерослый (95-105 см), высокопродуктивный, превышает стандарт по устойчивости к полеганию. Потенциальная урожайность 12 т/га. Сорт отличается высокой зерновой продуктивностью – масса 1000 зерен 45-50 г. Натура зерна 685-705 г/л, содержание белка в зерне 10,9-12,5%. Сорт имеет высокую полевою устойчивостью к мучнистой росе, карликовой ржавчине и сетчатой пятнистости, среднеустойчив к темно-бурой пятнистости. Зимостойкость и засухоустойчивость средняя.

Оригинатор – ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко».

Авторы: д.с.-х.н. Кузнецова Т.Е., к.с.-х.н. Серкин Н.В., к.с.-х.н. Нестеренко В.В. и др.



**Рис. 173.** Сорт ячменя озимого Марк

**Гибрид кукурузы Воронежский 173 СВ** (Рис. 174) раннеспелый, трехлинейный. Растения среднерослые (210-240 см), не кустящиеся, прикрепление початка среднее (75-80 см). Початок слабоконической формы длиной 18-20 см. Число рядов зерен 14-16. Масса 1000 зерен 280-300 г. Средняя урожайность зерна за годы изучения составила 7,9 т/га, что на 1,0 т/га выше стандарта Каскад 166 АСВ. Выход зерна при обмолоте сырых початков составляет 83-84 %. Основное преимущество гибрида – раннее созревание и высокий потенциал зерновой продуктивности в раннеспелой группе. Устойчивость к полеганию, холодостойкость гибрида хорошая. Гибрид устойчив к головне, ржавчине, пятнистости, нигроспорозу. Семеноводство гибрида ведется на С-типе ЦМС по схеме полного восстановления фертильности.

Оригинатор – ФГБНУ «ВНИИ кукурузы».

Авторы: д.с.-х.н. Орлянский Н.А., к.с.-х.н. Зубко Д.Г., к.с.-х.н. Орлянская Н.А.



**Рис. 174.** Гибрид кукурузы Воронежский 173 СВ

**Сорт риса Атлет (КСИ-45)** (Рис. 175) относится к среднеспелой группе, вегетационный период 116-117 суток. Высота растений 90-98 см. Куст компактный, прямостоячий. Растения сорта слабо кустятся, продуктивная кустистость 2,3-2,5 побега. Урожайность – 10 т/га. Масса 1000 зерен – 29,5 г. Отношение длины зерновки к ширине ( $l/b$ ) – 2,4. Сорт отличается устойчивостью к полеганию, осыпанию, пирикулярриозу, к рисовой листовой нематодe, улучшенным качеством зерна (стекловидность 80%, пленчатость 18,0 %, выход крупы 72%, содержание целого ядра в крупе 87-97%). По технологическим качествам зерна и кулинарным достоинствам крупы сорт соответствует требованиям европейского рынка.

Оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр риса».

Авторы: д.с.-х.н. Зеленский Г.Л., чл.-кор. РАН Гаркуша С.В., Гненный Е.Ю., д.б.н. Туманьян Н.Г. и др.



**Рис. 175.** Сорт риса Атлет (КСИ-45)

**Сорт картофеля Мираж** (Рис. 176) среднеспелый столового назначения. Клубни ярко-красные, овальные. Мякоть клубня светло-желтая, крахмалистость клубней 16,0-18,0%, масса товарного клубня 90-120 г. Вкусовые качества хорошие и отличные. Потенциальная урожайность – 60,0-65,0 т/га. Сорт устойчив к раку и золотистой цистообразующей картофельной нематодe, среднеустойчив к фитофторозу по ботве и высокоустойчив по клубням, слабо поражается паршой обыкновенной и ризоктониозом, засухо- и жароустойчив. Сорт предлагается для выращивания в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном, Западно-Сибирском и Дальневосточном регионах Российской Федерации.

Оригинатор – ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха».

Авторы: д.с.-х.н. Симаков Е.А., к.с.-х.н. Митюшкин А.В., к.с.-х.н. Журавлев А.А., проф. РАН Жевора С.В. и др.



**Рис. 176.** Сорт картофеля Мираж

**Сорт сои Лучистая** (Рис. 177) – скороспелый, период вегетации 105-107 суток. Потенциальная урожайность 3,13 т/га, масса 1000 семян 149 г. Тип роста полудетерминантный, высота растений 85 см. Содержание в семенах белка составляет более 40%, жира – до 21%. Преимущества сорта – сочетание скороспелости со стабильной урожайностью.



Рис. 177. Сорт сои Лучистая

Сорт отличается высокой степенью усвоения квантов света и повышенной фотосинтетической активностью листового аппарата, устойчивостью к переувлажнению почвы и полеганию, что важно для его выращивания в условиях муссонного климата Дальнего Востока.

Оригинатор – ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои».

Авторы: к.с.-х.н. Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Разанцев Д.Р., акад. РАН Синеговская В.Т. и др.

**Гибрид свеклы сахарной ТГ-1385** (Рис. 178) урожайно-сахаристого направления, вегетационный период 170 суток, пригоден для средних и поздних сроков уборки. Средняя урожайность 60 т/га, сахаристость 17%, сбор сахара 10 т/га. Первый в Российской Федерации гибрид свеклы сахарной устойчивый к глифосату (98%). Растения гибрида после опрыскивания глифосатсодержащим гербицидом в посеве остаются невредимыми, все сорные растения погибают. Гибрид имеет коническую форму корнеплода, глубина погружения корнеплода в почву средняя. Устойчив к корнееду (5%) и церкоспорозу (1,5 балла). Засоренность посева перед уборкой корнеплодов значительно меньше по сравнению с общепринятой системой защиты сахарной свеклы от сорняков.

Оригинатор – ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы».

Авторы: к.с.-х.н. Логвинов А.В., к.с.-х.н. Мищенко В.Н., к.б.н. Логвинов В.А. и др.



Рис. 178. Гибрид сахарной свёклы ТГ-1385

**Гибрид капусты белокочанной F1 Лира** (Рис. 179) позднеспелого срока созревания, создан на основе самонесовместимости. Урожайность гибрида F1 Лира – 80 т/га. Гибрид имеет компактную листовую розетку, кочан округлый плотный массой 2,5-3,0 кг с хорошими вкусовыми качествами. Биохимический состав: содержание сухих веществ – 10,9%, сумма сахаров – 6,02%, содержание аскорбиновой кислоты – 25,5 мг/100 г. Гибрид высокоустойчив к фузариозу (раса 1), толерантен к сосудистому бактериозу.

Оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

Авторы: акад. РАН Солдатенко А.В., д.с.-х.н. Бондарева Л.Л., к.с.-х.н. Разин О.А. и др.



Рис. 179. Гибрид капусты белокочанной F<sub>1</sub> Лира

**Гибрид огурца F1 Илья Муромец** (Рис. 180) ранний партенокарпического типа предназначен для выращивания в весенних пленочных теплицах. Плоды крупнобугорчатые белоопушенные, бугорки средние, длина 9,5-11,0 см, диаметр 2,6-3,2 см, масса плода 45-60 г. Урожайность товарных плодов 10,8 кг/м<sup>2</sup>. Биохимический состав: содержание сухих веществ – 4 %, сахаров – 2 %, аскорбиновой кислоты (витамина С) – 9 мг%. Гибрид толерантен к ложной мучнистой росе (Pcu-IR), устойчив к настоящей мучнистой росе (Px-HR), характеризуется генетически закрепленным отсутствием горечи. Используется для употребления в свежем виде и для консервирования.



Рис. 180. Гибрид огурца F1 Илья Муромец

Ценность гибрида: выносливость к перепадам температур, раннеспелость – начало съемной спелости на 43-47 сутки после полных всходов, хорошая завязываемость плодов, хорошие вкусовые качества плодов.

Оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

Авторы: к.с.-х.н. Коротцева И.Б., к.с.-х.н. Белов С.Н., Сыроежкина Е.В., Кочеткова Л.А.

**Сорт винограда Мускат платовский** (рис.181) технический раннего срока созревания, предназначен для производства столовых и ликерных вин. Урожайность – до 18 т/га. Средняя масса грозди 224 г, масса ягоды 2,9 г. Содержание сахаров составляет 196 г/дм<sup>3</sup>, кислот 7,8 г/дм<sup>3</sup>. Вино из сорта Мускат платовский

отличается бледно-соломенным цветом, ярко выраженным мускатным ароматом, вкус полный гармоничный с пикантной горчинкой и долгим приятным послевкусием. Дегустационная оценка вин: вина – 8,6 балла, ликерных напитков – 8,7.

Оригинатор – ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко - филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр».

Авторы: к.с.-х.н. Майстренко А.Н., к.с.-х.н. Майстренко Л.А., Дуран Н.А., Матвеева Н.В.



Рис. 181. Сорт винограда Мускат платовский

**Сорт груши Аромат Крыма** (Рис. 182) осеннего срока созревания, отличается высокой зимо- и засухоустойчивостью, устойчивостью к парше; термическим ожогом листьев поражается в средней степени. Цветет в поздние сроки. Урожайность высокая и стабильная – до 34 т/га. Плоды крупные, средней массой 310 г, максимальной 600 г, одномерные, широкогрушевидные. Основная окраска в период съемной зрелости зеленовато-желтая, при созревании становится золотисто-желтой; покровная – в виде карминного румянца на большей части плода. Мякоть кремовая, маслянистая, сочная с очень приятным ароматом розы, отличного кисло-сладкого вкуса (4,8-5,0 балла). Биохимический состав плодов: содержание сухих веществ – 13,4%, сахаров – 15,6%, органических кислот – 0,7%, аскорбиновой кислоты – 3,2 мг/100 г. Съемная зрелость наступает во второй декаде сентября. Плоды прочно удерживаются на дереве. Товарность высокая 90-96%, транспортабельность хорошая. В холодильнике при температуре +20°С сохраняются до конца декабря.

Оригинатор – ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН».

Авторы: к.с.-х.н. Бабина Р.Д., Хоружий П.Г., д.с.-х.н. Сотник А.И., к.с.-х.н. Коваленко О.В. и др.



**Рис. 182.** Сорт груши Аромат Крыма

**В области зоотехнии и ветеринарии** продолжены исследования по разработке методов селекции животных по их племенной ценности с использованием геномной информации с целью создания высокопродуктивных конкурентоспособных пород и типов сельскохозяйственных животных для получения животноводческой продукции с требуемыми качественными характеристиками.

К наиболее значимым из них относятся:

**Тип «Адучи» калмыцкой породы** крупного рогатого скота мясного направления продуктивности (Рис. 183). Животные красной масти, комолые, отличаются хорошей приспособленностью к резко континентальному, засушливому и жаркому климату, выносливостью, неприхотливостью к кормам, устойчивостью к заболеваниям, способностью давать более высокие приросты живой массы в течение длительного периода и откладывать меньше жира в организме. Быки и коровы нового мясного типа превосходят чистопородных животных калмыцкой породы по показателям промеров и индексов телосложения. Белково-качественный показатель составляет 6,4%, масса парной туши бычков в возрасте 18 месяцев – 285 кг, выход туши - 59,6%. Живая масса полновозрастных коров составляет 500-530 кг, быков-производителей 860-900 кг, выход телят 87-95%. Патент № 12889.

Оригинатор – ФГБНУ ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН

Авторы: д.с.-х.н. Каюмов Ф.Г., чл.-кор. РАН Лебедев С.В., к.б.н. Третьякова Р.Ф., Адучиев Б.К. и др.



**Рис. 183.** Бык-производитель Крот 7789 типа «Адучи» в возрасте 3-х лет, 719 кг, класс элита-рекорд.

**Порода лошадей Ульдургинская** (Рис. 184). Создана методом воспроизводительного скрещивания лошадей бурятской породы с производителями русской тяжеловозной, русской рысистой и забайкальской пород. Животные имеют повышенную мясную продуктивность, неприхотливы к условиям содержания и кормления. Жеребцы ульдургинской породы превосходят аналогов базы сравнения по показателям хозяйственной ценности: преимущество по живой массе – 61 кг, высоте в холке – 3,2 см., обхвату груди – 9,4 см., обхвату пясти – 2,6 см., мясной продуктивности (убойный выход у жеребчиков в возрасте 30 мес.) – на 0,9 абс.%. Кобылы превосходят аналогов базы сравнения: по живой массе на 61,4 кг, высоте в холке – на 1,3 см, обхвату груди – на 8,2 см, обхвату пясти – на 0,8 см, молочной продуктивности – на 178,9 кг, мясной продуктивности (убойный выход) – на 0,8 абс.%. Лошади приспособлены к суровому климату Забайкалья, дают дешевую, экологически чистую конину с высокими вкусовыми качествами на пастбищном корме, что значительно расширяет ареал распространения лошадей. Патент № 12891.

Оригинаторы – НИИВ Восточной Сибири – филиал СФНЦА РАН, ФГБНУ «ВНИИ коневодства».

Авторы: к.с.-х.н. Базарон Б.З.; Будажданаев Б.Ц., к.с.-х.н. Зайцев А.М. и др.



**Рис. 184.** Лошади породы Ульдургинская

*В области механизации, электрификации и автоматизации разработана роботизированная мобильная платформа с гидронеуматическим инжектором для внесения питательных веществ в корневую зону многолетних плодовых культур (Рис. 185) предназначена для проведения внутрипочвенной подкормки многолетних культур по электронной карте задания с автоматической регулировкой режимов внесения питательных веществ на глубину корнеобитаемого слоя до 60 см без непосредственного участия человека.*

Применение роботизированной мобильной платформы позволяет усовершенствовать процесс ухода за плодовыми деревьями в интенсивных технологиях промышленного садоводства, увеличить производительность на операциях внесения жидких минеральных удобрений на 20-25%, на внутрипочвенном поливе на 15% и сократить производственные издержки на 30-35%.

Разработчик – ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ».  
Авторы: акад. РАН Измайлов А.Ю., д.т.н. Смирнов И.Г., д.т.н. Хорт Д.О. и др.



**Рис. 185.** Роботизированная мобильная платформа с гидропневматическим инъектором для внесения питательных веществ в корневую зону многолетних культур (а) и роботизированный гидропневматический инъектор для внесения питательных веществ в корневую зону многолетних культур (б)

*В области хранения и переработки сельскохозяйственной продукции* разработана технология хлебобулочных изделий обогащенных инулином, на основе отечественного сырья (Рис. 186). Разработаны технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки и из смеси ржаной и пшеничной муки с добавлением 15% инулоолигосахаридного сиропа и проект технической документации. Содержание инулина в разработанных видах хлебобулочных изделий из пшеничной муки и из смеси ржаной и пшеничной муки 5,3 г/100 г, что позволило отнести их к обогащенной продукции в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Производство изделий может быть осуществлено на имеющемся оборудовании на хлебопекарных предприятиях. Полученные результаты позволят хлебопекарным предприятиям России расширить ассортимент продукции для здорового питания.

Технология внедрена на хлебопекарных предприятиях России.

Разработчик: ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности.

Авторы: к.т.н. Костюченко М.Н., к.т.н. Тюрина И.А.



**Рис. 186.** Ассортимент хлебобулочных изделий, обогащенных инулином, на основе отечественного сырья

# **ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ РААСН, РАО, РАХ**

## **ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК**

### **Об основных направлениях фундаментальных и прикладных исследований в области архитектуры, градостроительства и строительных наук**

В соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» и Программой фундаментальных научных исследований Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы) в 2023 году научные исследования проводились по следующим направлениям и разделам:

#### **В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ**

Направление 1.1. «Теоретические и исторические проблемы архитектуры и градостроительства»:

- архитектура мира с древнейших времен до современности; расширение фактологической и методологической базы исследований;
- история архитектуры и градостроительного искусства России в свете новых открытий;
- теория архитектуры в изменяющихся картинах мира;
- архитектурно-градостроительное наследие как культурное достояние (принципы и методы сохранения и использования);
- российская и мировая архитектуры в глобальном цивилизационном процессе;
- архитектурно-пространственные средства повышения качества жизни.

Направление 1.2. «Междисциплинарные научные исследования в сфере архитектуры, градостроительства и строительных наук»:

- междисциплинарные исследования архитектурного творчества.

Для изучения актуальных проблем развития архитектуры в современном мире представляется перспективным вести фундаментальные исследования в историческом, теоретическом и типологическом направлениях. Необходимо приращение знаний о развитии архитектуры и градостроительства в России и в мире; обосно-

вание научных принципов архитектурно-градостроительной деятельности в условиях изменяющегося мира, выявление и актуализация гуманитарных приоритетов архитектурно-градостроительной политики.

Важными остаются вопросы социальной, культурной и художественной ценности архитектурно-градостроительного наследия, исследования в области истории архитектуры и градостроительства с целью включения российского зодчества в общемировой культурный контекст, расширение этнокультурных рамок историко-архитектурных исследований как внутри страны, так и за ее пределами, увеличение временного диапазона исследований, расширение исследований, направленных на создание целостной картины архитектурно-градостроительной эволюции России и мира, анализ и введение в научный оборот новых и малоизученных памятников архитектурно-градостроительного искусства, выявление их культурной и художественной значимости в российском и мировом контексте. Необходимо рассмотрение ключевых этапов развития и проблем истории архитектуры России, осуществление сравнительного анализа российских и зарубежных историко-архитектурных явлений и процессов, определение роли и значения отечественной архитектуры и градостроительства во всемирно-историческом контексте.

Базовым направлением фундаментальной науки можно считать заполнение белых пятен в истории русской архитектуры и градостроительства, уточнение атрибуций, датировок и композиционно-стилистических характеристик малоизученных памятников архитектуры, получение новых знаний и выработка новых представлений о российском региональном, полиэтническом архитектурно-градостроительном наследии, его многовековом формировании, эволюции и трансформациях под воздействием различных факторов; раскрытие и обоснование историко-культурной и художественной ценности произведений российского зодчества и градостроительного искусства.

Остаются актуальными вопросы профессиональной культуры и образования, среди которых: выявление и научный анализ фундаментальных теоретических проблем и новейших тенденций в развитии архитектуры, выявление и обоснование методов формирования современной предметно-пространственной среды, основанных на высоких технологиях, раскрытие основных закономерностей архитектурного формообразования, композиции, стилеобразования; выявление новых средств гармонии и выразительности в архитектуре; изучение новых возможностей предоставления образовательных услуг в России и мире и расширение влияния российских архитектурных школ на основе использования компьютерных технологий и новых способов дистанционной коммуникации.

Требуется также разработка новых теоретических взглядов на архитектурное мышление и проектное творчество; выявление мировоззренческих основ профессиональной деятельности, их устойчивости и изменчивости во времени; критический анализ и пересмотр уходящих в прошлое стереотипов, укрепление содержательных взаимосвязей между теорией и историей архитектуры и градостроительства; формирование теоретических оснований органического включения новых строений в сложившуюся антропогенную и природную среду.

Необходимо фундаментальное обоснование критериев выявления, мотивации и способов сбережения памятников архитектуры, ценных фрагментов сложив-

шейся среды и исторических поселений в целом; актуализация задач и совершенствование принципов консервации, реставрации, регенерации и приспособления для современного использования историко-архитектурного наследия; повышение роли архитектурно-градостроительного наследия в развитии профессиональной культуры и образования.

Для улучшения качества российских городов и сельских поселений важен поиск наиболее эффективных моделей архитектурной организации пространства городов и сельских поселений с учетом многообразия их функций и потребностей; содействие развитию новейших технологий проектирования и разработке перспективных типов зданий и сооружений; решение проблем гуманизации современной архитектуры и ее гармонизации с природным и историко-культурным окружением.

Качественное развитие профессии архитектора и градостроителя требует разработки и исследования фундаментальных научных проблем архитектурного творчества; анализа социокультурной миссии архитектора в современном мире. Необходимы разработка, исследование и развитие фундаментальных научных основ обеспечения качественно нового уровня среды жизнедеятельности человека и общества на основе достижения российской и мировой науки; разработка парадигмы градоустройства на принципе симбиотического взаимодействия городских систем и их естественно-природного окружения; разработка исследования, развития и верификация теории симбиотического и гармоничного взаимодействия строительной среды проживания человека с природой в рамках парадигмы биосферной совместности; разработка фундаментальных научных основ эффективного решения проблемы преобразования жилищного фонда первых массовых серий; создание междисциплинарного научного задела, обеспечивающего научно-технологический прорыв по приоритетным направлениям строительных наук, архитектуры и градостроительства; создание междисциплинарного научного задела, обеспечивающего научно-методологический прорыв в сфере архитектуры и градостроительства как важнейших направлений развития современного общества.

Следует изучать различные грани архитектурной деятельности в соотношении с соответствующими отраслями знаний и умений; исследовать архитектуру как социально-культурное явление и результат прагматической деятельности, а также как высокого художественного творчества и традиционного ремесла; выявлять связи архитектуры с гуманитарными, точными, естественными и техническими науками, исследовать возможный потенциал развития архитектуры под влиянием новых цифровых и технологических прорывов.

## **В ОБЛАСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА**

Направление 2.1. «Фундаментальные основы пространственного развития территории Российской Федерации»:

- градостроительные основы и ключевые направления пространственного развития территории России и её частей;
- научные исследования градостроительных проблем городов, поселений и их систем;

– проблемы формирования качественной и безопасной среды городов и территорий.

Направление 2.2. «Теоретические и методологические основы градостроительства»:

- прогнозно-аналитические исследования в области градостроительства;
- актуальные теоретические проблемы в сфере градостроительства;
- научные основы территориально-градостроительной политики России;
- методологические основы современного градостроительного проектирования, программирования, прогнозирования;
- градостроительное наследие и проблемы его сохранения и использования;
- исследование проблем информатизации и технологизации современной градостроительной деятельности;
- исследование проблем градостроительства как сферы пространственных искусств;
- исследование экологических проблем современного градостроительства.

Направление 2.3. «Междисциплинарные научные исследования в сфере архитектуры, градостроительства и строительных наук»:

- междисциплинарные научные исследования в приложении к сфере градостроительства.

Содержание проблемных вопросов, требующих проведения фундаментальных научных исследований в области градостроительства: содействие устойчивому развитию и связанности территории Российской Федерации, создание безопасной, благоприятной и стимулирующей развитие человека и экономики материально-пространственной среды; достижение высоких стандартов качества среды жизнедеятельности на территории страны при условии сохранения исторического самобытного облика городов и поселений, определения актуальных и перспективных градообразующих факторов, обеспечивающих гармонизацию урбанизированной среды, сбалансированность размещения жилищного фонда, мест приложения труда, объектов социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры; формирование нового комплекса методов планирования – стратегическое пространственное планирование развития территорий, определяющее параметры объектов, исходя из принципа формирования/проектирования развития национальной системы расселения, включающей иерархию систем расселения Российской Федерации, необходимость перехода к цифровым технологиям в градостроительстве.

Фундаментальные исследования в области градостроительства объединены в тематическое направление «Фундаментальные основы пространственного развития территории Российской Федерации». В рамках данного исследовательского блока проводились следующие исследования: теория расселения применительно к сложившимся и прогнозным социально-экономическим условиям и глобальным вызовам с изучением объективных закономерностей и взаимосвязей, определяющих развитие расселения на территории страны; создание условий повышения качества жизни населения и роста экономики средствами градостроительства.

Содержательное наполнение тематического раздела «Градостроительные основы и ключевые направления пространственного развития территории России и её частей» будет определяться следующими исследованиями: разработка теоретических основ развития системы расселения России и региональных систем расселения на принципах гармонизации природных, технологических, социальных и экономических компонентов; исследование процессов урбанизации и дезурбанизации в условиях глобализации и региональных подходов; анализ формирования инфраструктурных, экологических, расселенческих каркасов территории, создающих условия экономического и технологического роста на основе развития человеческого потенциала; территорий с особыми условиями градорегулирования (приграничных, природных, рекреационных, приоритетного развития или освоения и др.); взаимосвязи городов и их систем.

Всё большую актуальность приобретает тематика раздела «Научные исследования градостроительных проблем городов, поселений и их систем», объединяющего исследования пространственных, инфраструктурных, социальных, экономических, экологических проблем городов и поселений и их систем различной типологии: мегалополисов, агломераций, мегаполисов, крупных, средних городов, малых городов, моногородов, закрытых административно-территориальных образований (ЗАТО), наукоградов, технополисов и др.; возрождение малых городов, исторических городов и поселений, сельских населенных пунктов на новых принципах социально-экономической, технологической и инфраструктурно-планировочной организации; изучение проблем городов, поселений и их систем, образующих «узлы каркаса расселения» и «ткань расселения» России; разработка научной концепции создания нового опережающего раздела теории города, включающей в себя синергетическую модель эволюции инновационного градостроительства, новые принципы архитектурно-планировочной организации поселений и примеры их реализации в условиях городов различной типологии.

Раздел «Проблемы формирования качественной и безопасной среды городов и территорий» включает в себя актуализацию понятийной проблемы «городская среда» и определение её параметров, отвечающих современным требованиям безопасности и комфорта, а также разработку научно обоснованных предложений по включению результатов исследований в национальный стандарт «Градостроительство. Параметры городской среды»; создание фундаментальных основ единой национальной системы нормирования и контроля качества градостроительной среды (градостроительных стандартов и нормативов, индикаторов и критериев оценки и мониторинга качества); анализ проблем делимитации новых урбанистических территорий, взаимодействия искусственной среды и экосистемы города, архитектурно-градостроительных аспектов формирования городских пространств и ансамблей; анализ проблем транспорта и инженерной инфраструктуры, городского благоустройства и дизайна городской среды, освоения подземного пространства, прибрежных территорий и др.; разработка научных основ формирования качественной среды на урбанизированных территориях различной типологии, развитие методологии охраны территорий историко-культурного наследия и особо охраняемых природных территорий, развития транспортной и инженерной инфраструктуры нового поколения, комплексного подхода к обеспечению безопасности среды жизнедеятельности средствами градостроительства.

Важнейшим для развития фундаментальной науки в области градостроительства является тематическое направление «Теоретические и методологические основы градостроительства», которое объединяет исследования, посвящённые развитию научных основ современного градостроительства, обеспечивающему достижение высоких стандартов качества жизни и уровня безопасности среды жизнедеятельности на территории Российской Федерации с учетом эффективного использования и воспроизводства ресурсной базы страны; разработка новой научно обоснованной модели экономического и социального развития, связанной с созданием благоприятных условий для воспроизводства человеческого потенциала и инвестиционной привлекательности территорий на основе кардинального повышения качества градостроительной среды.

Раздел «Актуальные теоретические проблемы в сфере градостроительства» объединяет исследования цикла «Градостроительство как система научных знаний»; фундаментальные научные исследования проблем общетеоретического и научно-методологического характера; циклы исследований в рамках таксономических территориальных уровней и градостроительных систем различной морфологии и типологии; градостроительные основы территориального планирования с учётом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных и эстетических потребностей общества на современном этапе глобального развития; изучение новых типов урбанистических систем; исследование процессов урбанизации и дезурбанизации в условиях глобализации и региональных подходов, формирования инфраструктурных, экологических, расселенческих каркасов, создающих условия развития экономического и технологического роста на основе развития человеческого потенциала; выявление общих проблем и разработка стратегических задач научно-проектных разработок для урбанистических систем и объектов проектирования, направленных на сохранение и приумножение пространственных форм расселения, а также функционального, типологического и средового многообразия населенных пунктов, соответствующих историческому географическому и социокультурному многообразию России.

Раздел «Научные основы территориально-градостроительной политики России» определяет развитие научных основ разработки и реализации государственной территориально-градостроительной политики России в новых социально-экономических условиях, которую характеризуют комплексность, научная обоснованность и правовая обеспеченность; градостроительство в контексте государственной системы регулирования и управления: разработка концептуальных предложений и теоретической модели институционального, нормативно-законодательного, проектного, инвестиционного обеспечения градостроительной деятельности в Российской Федерации с учётом взаимного согласования государственных, общественных и частных интересов в сфере градостроительства; определение приоритетов и ключевых направлений государственной территориально-градостроительной политики России; основы формирования каркасов систем расселения (инфраструктурных, природных; культурно-исторических); территорий с особыми условиями градорегулирования (приграничных, природных, рекреационных, приоритетного развития или освоения и др.), взаимосвязи городов и их систем.

Исследования по разделу «Методологические основы современного градостроительного проектирования, программирования, прогнозирования» посвящены формулировке позитивных прогнозных трендов развития городов и территорий (целевой прогноз) и предложения инструментов и механизмов их реализации; прогнозным исследованиям в сфере градостроительства на основе междисциплинарного, межотраслевого взаимодействия с использованием сценарных (вариативных) подходов; выработке новых знаний и подходов к решению профессиональных задач, методов и методик исследования, обоснования проектных решений, нового инструментария и, в конечном счете, новой градостроительной методологии применительно к городскому и территориальному планированию.

В рамках раздела «Градостроительное наследие и проблемы его сохранения и использования» будут разрабатываться стратегические направления, научные основы, методология сохранения и использования градостроительного наследия как культурного кода народов России; развитие методов определения зон охраны памятников истории и культуры, достопримечательных мест; установления режимов охраны исторических городов и поселений, регенерации градостроительной среды, в том числе малых городов; восстановление преемственности отечественного опыта пространственного планирования.

В рамках раздела «Исследование проблем информатизации и технологизации современной градостроительной деятельности» будут разработаны научные основы использования «больших данных» – переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта в градостроительной деятельности.

В рамках раздела «Исследование проблем градостроительства как сферы пространственных искусств» предполагается разработка научных основ и основ реализации концептуальных архитектурно-планировочных решений, отражающих суть градостроительства как сферы пространственных искусств, как ответ на общественный запрос о повышении эстетических качеств среды жизнедеятельности и качества жизни граждан Российской Федерации.

Всё большую актуальность приобретает проблематика раздела «Исследование экологических проблем современного градостроительства» – развитие научного направления «урбоэкология»; научные основы территориального планирования в Российской Федерации на принципах концепции устойчивого развития: ответ средствами градостроительства на большой вызов «возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан»; научные основы использования технологий ресурсоэффективности и безопасности с учетом экологических требований в градостроительстве: переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике.

В рамках направления «Междисциплинарные научные исследования в сфере архитектуры, градостроительства и строительных наук» будет разрабатываться раздел «Междисциплинарные научные исследования в приложении к сфере градостроительства». В рамках этого тематического блока будут рассмотрены

проблемы межотраслевого взаимодействия градостроительства и смежных направлений исследований; развитие научных основ разработки и реализации государственных программ и инфраструктурных проектов территориально-градостроительного развития России в новых социально-экономических условиях с учётом комплексности, научной обоснованности и правовой обеспеченности, а также требований системного междисциплинарного, межотраслевого, межведомственного подхода, основанного на синтезе фундаментальных и прикладных научных знаний собственно градостроительной науки и смежных с ней дисциплин (архитектурной, строительных и инженерно-технических наук, экологии, социологии, экономики, географии, исторических и юридических наук, транспорта, наук об управленческой деятельности и др.); создание системы организации территории страны, основанной на межотраслевом взаимодействии и координации отраслевых систем планирования.

## **В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК**

Фундаментальные исследования в области строительных наук направлены на решение комплексной проблемы – обеспечения безопасности долговечности и комфортности зданий и сооружений при различных нагрузках и воздействиях, эксплуатирующихся как в нормальных условиях, так и в условиях действия низких, сверхнизких и высоких температур, при различных видах нагрузок, воздействий и их сочетаний. Для решения указанной комплексной проблемы исследования проводились по двум основным направлениям:

Направление 3.1. «Развитие теоретических основ строительных наук», включающее в себя разделы исследований:

- строительная механика новых строительных материалов и конструкций, методы обеспечения конструктивной безопасности строительных объектов;
- развитие научных основ создания строительных материалов нового поколения;
- теоретические основы создания конструктивных систем современных и перспективных зданий и сооружений;
- научные основы строительной физики энергосберегающих безопасных и комфортных зданий и сооружений;
- научные основы водообеспечения населения Российской Федерации путем сохранения водных ресурсов и их возобновляемости;
- научные основы цифровых технологий в строительстве;
- развитие строительного материаловедения и механики на основе полной переработки техногенных отходов.

Направление 3.2. «Междисциплинарные научные исследования в сфере архитектуры, градостроительства и строительных наук»:

- выявление тенденций развития и прогнозные исследования.

Направление «Развитие теоретических основ строительных наук» включает исследования по обеспечению прочности, устойчивости, конструктивной надежности и безопасности зданий, сооружений и комплексов на основе развития методов строительной механики, строительной аэрогидродинамики, полярной механики, в том числе с учетом новых строительных материалов и конструкций,

математического и компьютерного моделирования в строительстве; обеспечение комфортной и безопасной среды жизнедеятельности на основе разработки и развития фундаментальных научных основ строительной физики долговечных, безопасных и комфортных зданий нового типа; разработку и развитие физико-механического моделирования и вычислительной механики; разработку научных основ развития технологий создания экологически чистых и низкоэнергоёмких строительных материалов, производимых на базе использования химически взаимосочетаемых продуктов переработки техногенных образований; разработку научных основ создания новых инженерных систем, систем водообеспечения населения Российской Федерации путем сохранения водных ресурсов и их возобновляемости; разработку, исследование и развитие фундаментальных научных основ цифровых технологий в строительстве.

Один из разделов направления «Научные основы строительной физики энергосберегающих безопасных и комфортных зданий и сооружений» включает разработку жизненно важных научных направлений строительной физики, таких как: совершенствование и развитие фундаментальной теории энергоэффективности зданий и сооружений; разработку методологии и научно обоснованных принципов энергоресурсосбережения с использованием поступающей солнечной радиации в коммунальном хозяйстве; разработку методов исследования показателей теплоизоляционных материалов с учетом условий эксплуатации; разработку теоретических основ оценки тепловой защиты и долговечности ограждающих конструкций и энергосбережения высотных зданий, включая совершенствование теории расчета тепло-, звукоизоляционных характеристик светопрозрачных конструкций с новыми видами остекления с низкоэмиссионными покрытиями (многофункциональными, фотохромными, электрохромными, фотоэлектрическими и др. стеклами); разработку научных основ использования нетрадиционных видов энергии в зданиях и сооружениях; разработку и развитие теоретических основ принципиально новых энергосберегающих и экологически безопасных ограждающих конструкций с использованием современных технологий (в том числе нанотехнологий) с учетом новых теплоизоляционных и конструкционно-изоляционных материалов; математическое моделирование и оптимизация энергоснабжения энергоэффективных экологически чистых зданий и сооружений как единых энергетических систем; разработку фундаментальных научных основ решения экологических проблем современного строительства и комфортности проживания человека; фундаментальные исследования по применению подходов строительной физики для решения проблем среды обитания человека в космосе.

В рамках раздела «Теоретические основы создания конструктивных систем современных и перспективных зданий и сооружений» исследуются и разрабатываются основы конструирования современных жилых, общественных и промышленных зданий, в том числе объектов, расположенных в Арктических регионах (общие основы конструирования зданий и сооружений различного назначения; создание большепролетных пространственных конструкций; развитие теории конструктивных систем высотных зданий и сооружений, а также зданий и сооружений, возводимых и эксплуатируемых в особых природно-климатических

условиях; основы конструктивных систем фундаментов зданий и сооружений различного назначения при различных свойствах грунтов); разрабатываются фундаментальные научные основы реконструкции и реновации зданий и сооружений; испытаний зданий, сооружений, их фрагментов и моделей; разработка, исследование и развитие фундаментальных научных основ мониторинга состояния строительных объектов; развитие фундаментальных научных основ совершенствования аппаратных средств (приборной базы) для испытаний, обследования и мониторинга зданий и сооружений.

В рамках раздела «Научные основы водообеспечения населения Российской Федерации путем сохранения водных ресурсов и их возобновляемости» получили развитие фундаментальные научные основы подготовки качественных вод для питьевого назначения; создание альтернативных источников водоснабжения в условиях дефицита невозполняемого ресурса пресной воды (в том числе на основе совершенствования технологии кондиционирования морской воды для питьевых целей); фундаментальное научное обоснование комплексной технологии обработки сточных вод и поиски путей их утилизации); развитие теоретических основ проектирования и расчетного обоснования водопропускных сооружений.

В рамках раздела «Научные основы цифровых технологий в строительстве» проводятся исследования и разработки по развитию и верификации методов математического и компьютерного моделирования нагрузок и воздействий на строительные объекты (ветровых потоков и нагрузок, снеговых нагрузок, сейсмических воздействий, воздействия сред различной степени агрессивности); решение актуальных проблем математического (численного) моделирования напряженно-деформированного состояния, динамики и устойчивости строительных объектов при основных и особых сочетаниях нагрузок и воздействий на значимых этапах жизненного цикла (большая вычислительная размерность задач компьютерного (численного) моделирования; моделирование способов учета различных факторов физической нелинейности, приобретаемой и конструктивной неоднородности и анизотропии, взаимодействия наземных и подземных сооружений с грунтовым основанием с учетом реальных свойств, поэтапности возведения и фактической истории эксплуатации; анализ сейсмостойкости зданий и сооружений); решение связанных задач механики для адекватного моделирования уникальных и ответственных зданий и сооружений (численное моделирование задач аэрогидроупругости в строительстве и термоупругости); разработка фундаментальных научных основ использования цифровых технологий в натурных исследованиях, в том числе с обеспечением взаимосвязи с результатами математического моделирования (технологии лазерных сканирующих систем для проведения обследования зданий и сооружений, проблемы обследования, в том числе в части технической диагностики на основе аппарата нечеткой логики и мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений); разработка фундаментальных научных основ использования цифровых технологий в производстве материалов изделий и конструкций (3D-принтинг, лазерные 3D-технологии заливки бетона и др.); развитие компьютерного материаловедения (в том числе разработка, исследование и развитие теории синтеза и теории конструирования оптимальных структур строительных композитов нового поколения; разработка, исследование и развитие проблем ма-

тематического моделирования, разработки алгоритмов и программ, информационных технологий в задачах компьютерного материаловедения и оптимизации переменных структур строительных композитов – сверхплотных, особо высокопрочных, ультралегковесных, сверхстойких к действию эксплуатационной среды и т.п.); разработка, исследование и развитие фундаментальных научных основ технологий информационного моделирования в строительстве (BIM), цифровых технологий в экономике строительства, технологий типа «умный дом», «умный район», «умный город» и т.д.

В разделе «Развитие строительного материаловедения и механики на основе полной переработки техногенных отходов» ведутся поисковые исследования по решению проблемы полной переработки техногенных отходов в основном промышленных предприятий в строительные материалы; разработка, исследование и развитие физико-химических основ и основ механики легких и сверхлегких материалов нового поколения для конструкций высокого эксплуатационного качества (научные основы полной переработки техногенных отходов, в том числе металлургической промышленности и тепловой энергетики в альтернативные традиционным низкоэнергоёмкие, более экономичные и при этом экологически безопасные легкие и сверхлегкие материалы нового поколения для конструкций и конструктивных систем с высокими показателями эксплуатационного качества).

По направлению междисциплинарных исследований в разделе «Выявление тенденций развития и прогнозные исследования» проводятся исследования по обеспечению безопасности и комфортности среды жизнедеятельности инженерных, социальных и природно-техногенных систем городов и поселений на основе парадигмы биосферной совместимости: развитие методологии научного анализа и мониторинга состояния городской среды, доступности и реализуемости функций биосферосовместимого, развивающего человека города в рамках парадигмы биосферной совместимости городов и поселений; развитие фундаментальных научных основ составления и расчета гуманитарных балансов биотехносферы и математические модели отраслевых балансов и его составляющих, системное представление и модели природно-социотехнических структур жизнеобеспечения биосферосовместимых урбанизированных территорий с учетом изменяющихся условий внешней среды и внутренних структурных перестроек, развитие теоретико-методологического инструментария обеспечения безопасности окружающей среды и комфортности среды жизнедеятельности человека на основе современных методов моделирования, внедрения информационных и вычислительных технологий, а также создания автоматизированных систем управления биосферосовместимыми природосоциотехническими структурами.

В дальнейшем основные направления фундаментальных исследований будут включать в себя:

- создание теоретических основ получения высокопрочных и высокодолговечных строительных материалов, моделирование их полного спектра физико-механических и реологических характеристик при различных напряженных состояниях, разработка аналитических и численных методов расчета различных конструктивных систем из новых материалов;

- комплексное решение проблем строительного материаловедения и механики новых материалов и конструкций, эксплуатируемых в условиях Арктической зоны и при других нетрадиционных условиях;
- разработку научных основ переработки техногенных отходов различных областей промышленности в теплоизоляционные и конструкционные материалы и создание из них методов расчета эффективных конструктивных систем с программируемыми (заданными) характеристиками и низкой стоимостью;
- разработку и развитие расчетных методов комплексной оценки (эксплуатационных) характеристик строительных конструкций, обеспечивающих здоровую, безопасную и комфортную среду обитания человека;
- разработку методологии расчетов процессов удаления соединений неорганического азота из сточных вод при использовании различных сооружений водоотведения с целью формирования устойчивого экологического равновесия водных объектов;
- создание новых вибрационных материалов и виброизоляционных конструкций для транспортного строительства, используемых при строительстве линий метрополитена, мостовых сооружений и инженерного оборудования.

## **Перечень важнейших результатов Российской академии архитектуры и строительных наук, полученных в 2023 году**

### **1. В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ**

#### **1.1 Ледовый комплекс «Кристалл» Олимпийского комплекса «Лужники» (Москва, Лужнецкая набережная, д. 24 стр. 13) Реализованный проект**

*Сущность и результаты.* Ледовый комплекс «Кристалл» запроектирован и построен на территории Олимпийского комплекса «Лужники» на месте одноимённой ледовой площадки 1960 годов.

Ледовый дворец «Кристалл» расположен по оси пешеходной аллеи в направлении Лужнецкой набережной. По обе стороны от оси симметрично размещены входные вестибюли, ледовые арены, зоны помещений спортсменов и офисные помещения.

Новизна исследований определяется тем, что в практической форме реализована инновационная модель многофункционального спортивного объекта в составе: зона ледовых площадок с раздевалками для спортсменов, тренеров, судей; зона бассейна с раздевалками; банный комплекс с раздевалками; спортивно-тренировочные залы; кафе с видом на ледовые площадки; офисно-административные помещения. В подземной части комплекса располагается стоянка машин, технические и технологические помещения.

Симметричное решение дворца — характерная черта спортивных сооружений парка «Лужники», построенных в 50-е годы.

Главный фасад здания ориентирован на аллею, идущую от набережной к Дворцу Sports. Вестибюль решен в форме ниши с заглубленным в неё пространственной структурой в форме кристалла.

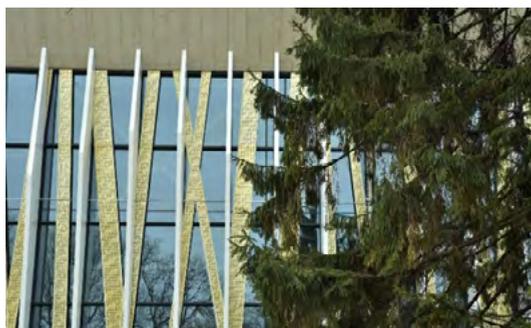
*Значимость и прогноз применения.* Полученные результаты могут быть использованы при разработке проектов и строительстве многофункциональных спортивно-развлекательных комплексов на территории Российской Федерации и стран СНГ.  
Руководитель авторского коллектива: акад. РААСН Буш Д.В.



**Рис. 187.** Фрагмент интерьера



**Рис. 188.** Главный фасад Ледового комплекса «Кристалл»



**Рис. 189.** Фрагмент фасада



**Рис. 190.** Вид со стороны фонтана «Каменный цветок»

## **1.2. Актуальные теоретические основы сохранения историко-культурной ценности архитектурного наследия**

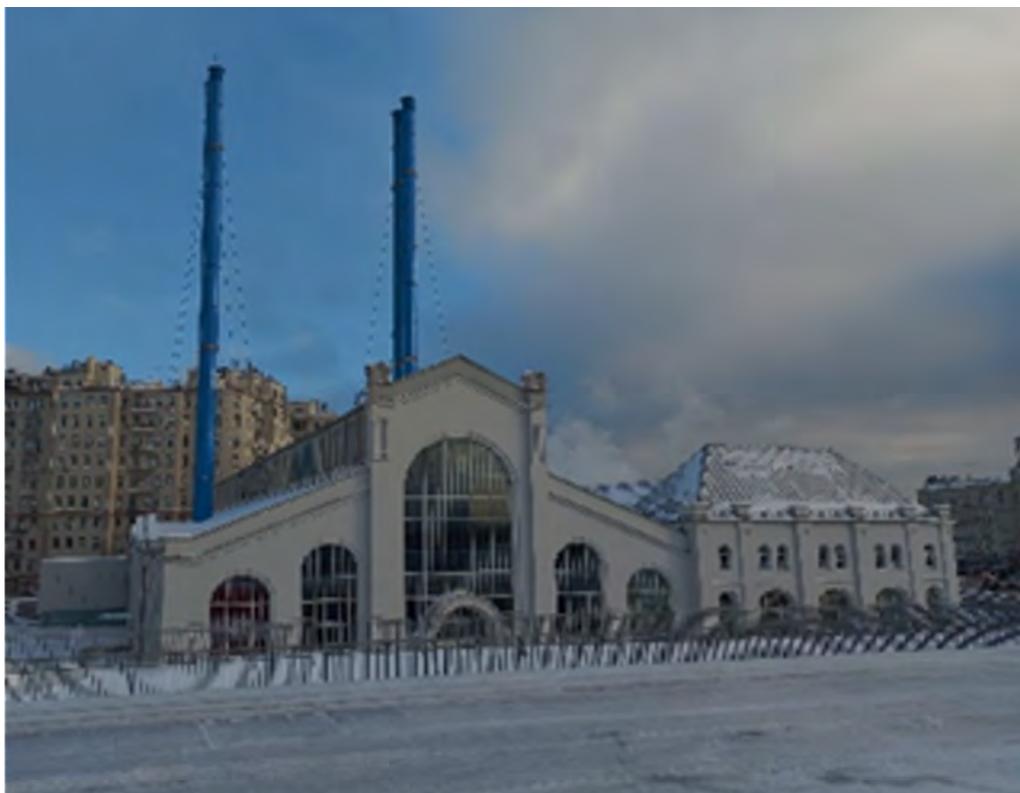
Проведенное исследование показывает, что в современном обществе трансформируются представления о ценности архитектурного наследия. Наряду с по-прежнему актуальной заботой о его целостном сохранении, закономерной становится тенденция к восприятию объекта наследия как суммы разрозненных самодостаточных характеристик. При этом подчас игнорируется значение художественно-образных сторон произведений прошлого, акцентируются новые возможности в современном их приспособлении.

Проведенный анализ показал тесную связь образных составляющих историко-архитектурного наследия и проблем культурной идентичности. При этом в образных составляющих воспринимаемой городской среды открываются две стороны. Во-первых, традиционная культурная ценность, во-вторых, особенности ее современного средового восприятия. Важной проблемой, требующей своего специального рассмотрения, становится роль культурного наследия в синтетическом соединении традиционных и современных сторон городской идентичности.

Анализ современного проектного материала раскрывает обостряющуюся проблему финансирования реставрационных работ на все расширяющемся круге памятников. Одновременно усложняются задачи корректного современного использования охраняемых объектов. Исследование убеждает в важности решить вопрос о дифференциации памятников на группы с различным охраняемым регламентом. Здесь необходимо отдельное многопрофильное исследование. В докладываемой работе рассматривались только некоторые вопросы данной проблемы.

В частности, в сфере произведений промышленной архитектуры отмечено значительное число объектов, не отличающихся уникальностью архитектурных решений, но привлекательных сохранностью традиционной архитектурной среды, характерной для конца XIX – нач. XX вв. В то же время в промышленных ком-

плексах присутствуют значительные архитектурные произведения, не находящие себе использования из-за технических проблем их приспособления под современные нужды. Материал показывает, что вопрос требует дифференциации предмета охраны наследия, относящегося к разным группам памятников. Исследование показало, что особого внимания требует задача охраны и приспособления уникальных инженерных конструкций прошлого, подчас со сложным решением проблем взаимодействием старого и нового.



**Рис. 191.** Москва. ГЭС-2, Болотная набережная, д.15  
Реставрация и приспособление

Научный руководитель: чл.-корр РААСН, д. арх. Щенков А.С.

Исполнители: Антонова Н.Е., к. иск. Баева О.В., к.арх. Буш П.Д., к.иск. Вячанина Т.Н., к.арх. Горячева А.В., к.арх. Казусь И.А., акад. РААСН, д.арх. Нащокина М.В., чл.-корр. РААСН, д.арх. Штиглиц М.С.

(Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» НИИТИАГ)

*Публикации:*

Антонова Н.Е. Проблемы дифференциации предмета охраны объектов культурного наследия // Современная архитектура мира. Вып 21 (2/2023), - М., СПб., с.261-283. DOI: 10/25995/НИИТАГ,2023.2.0013

Щенков А.С. Современные проблемы реконструкции музеев в историческом городе // АМИТ, 2023. №4(65), с.121-133. DOI: 10.24412/1998-4839-2023-4-121-133

### 1.3. Разработка и внедрение инновационных инженерных эколого-, энергоэффективных систем нового поколения для зданий и сооружений

Впервые в мировой практике авторами предложена, разработана и реализована концепция проектирования здания как единой эколого-, энергоэффективной системы, отвечающая целям настоящего и будущего поколений в обеспечении устойчивости роста качества жизни людей, обеспечении экологической безопасности их проживания и повышения энергоэффективности зданий.

Впервые решена задача определения формы архитектуры и планировки здания с оптимальным использованием наружного климата в тепловом балансе, что обеспечивает экономию энергии на 20-30%.

Система нормирования и рейтинговой оценки устойчивости среды обитания жилых и общественных зданий, включая разработку уникального стандарта по сертификации футбольных стадионов.

Создана научная концепция гибридных теплонасосных систем тепло-, холодо-снабжения зданий, обеспечивающая экономию энергии не менее 50%.

Разработан комплекс нормативов по расчету и проектированию инновационных инженерных эколого-, энергоэффективных систем нового поколения для зданий и сооружений, комплекс нормативно-методических документов по проектированию инженерных систем лечебно-профилактических учреждений, особенно остро востребованный в период пандемии COVID-19 и комплекс инновационных эколого-, энергоэффективных инженерных систем нового поколения для медицинских зданий, в том числе инфекционных больниц, операционных, родильных домов.

Научные руководители: акад. РААСН, д.арх. Есаулов Г.В., чл.-корр. РААСН, д.т.н. Табунщиков Ю.А.

Ответственные исполнители: Бродыч М.М., Шилкин Н.В. и др.



**Рис. 192.** Уникальный эколого-, энергоэффективный городской округ Жатай (г. Якутск) Теплопотребление снижено более чем на 40% в условиях экстремально низких температур

#### 1.4. Принципы архитектурной модернизации среды жизнедеятельности: история и теория

Проведенное исследование позволило всесторонне рассмотреть в длительной исторической ретроспективе основные проблемы модернизации среды жизнедеятельности средствами архитектуры и градостроительства. Выявлены стойкие традиции циклического обновления построек и комплексов при всемерном поддержании преемственности. Далее показано, как осуществлялся переход к линейному взгляду на ход исторического процесса, который стимулировал поиски образа идеальной архитектуры будущего. В этом ключе рассмотрены и имперские, и революционные атеистические проекты, причисляемые нередко к разряду социальных утопий. Особое внимание уделяется возросшим в последнее время заботам об охране наследия и сдерживании тем самым модернизационной активности, что вызывает надежды на гармонизацию процесса развития городской, пригородной, сельской среды и ее желаемое совершенствование.



На основании проведенного исследования определяются насущные проблемы модернизации сложившейся жизненной среды и формулируются обоснованные подходы к их теоретическому и практическому решению в настоящее время и обозримой перспективе. Постулируется необходимость выстраивания градаций модернизационной активности, подходящих тем или иным архитектурно-градостроительным и природным ситуациям. Работа нацелена на то, чтобы модернизация среды при всем многообразии своих архитектурных проявлений стала более управляемой, умеренной и уместной.

Научная новизна исследования состоит в выявлении изменяющихся мировоззренческих основ и технических возможностей профессиональной деятельности в области средоформирования. Это дает основания для выработки критериев оценки качества такой деятельности и обоснования концепции допустимой

и желательной модернизации исторически сложившейся архитектурно-пространственной среды при сохранении ее этно-культурной и художественной самобытности.

Практическое значение исследования определяется нацеленностью на внедрение его результатов в профессиональное сознание и творческую деятельность современных российских архитекторов и градостроителей, а также в сферу образования и просвещения широких слоев населения. Аргументация выработанных научных положений призвана помочь совершенствованию законодательных и нормативно-правовых основ современной практики градорегулирования и средоформирования.

Научный руководитель: акад. РААСН, д.арх. Бондаренко И.А.

Авторский коллектив: Возвышаева Т.И., сов. РААСН, к.арх. Грязнова Н.В., сов. РААСН, д.арх. Дущев М.В., Коньшева Е.В., Маилов С.А., Михейкин Д.И., к.иск. Нугманова Г.Г., Ухналев А.Е., сов. РААСН, д.арх. Царев В.И., Царев В.В. (Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» НИИТИАГ)

*Публикации:*

Бондаренко И.А. Архитектура в условиях модернизации образа современности // Современная архитектура мира. Вып. 20 (1/2023) / Гл.ред., сост. Н.А.Коновалова. - М.; СПб.: Нестор-История, 2023. С.11-32.

Дущев М.В. Архитектурная среда Нижнего Новгорода – диалоги с идентичностью: часть 2. Обновленные рекреационные пространства // Приволжский научный журнал. – Н. Новгород: ННГАСУ. – 2023, № 1, С. 187–192. ISSN 2500-3445, <https://pnj.nngasu.ru/word/articles/1-2023/27.pdf>

### **1.5. Китайский деловой центр «Парк Хуамин» (Москва, ул. Вильгельма Пика) Реализованный проект**

#### ***Сущность и результаты***

Китайский деловой центр «Парк Хуамин» построен по соседству с традиционным китайским садом, но это очень современный комплекс, его здания лаконичны и технологичны.

Комплекс по-настоящему многофункционален, в его объеме увязаны разные типы жилых помещений, офисы, большой фитнес, конференц-залы и рестораны традиционной китайской кухни.

Это практически мини-город. В нем можно с комфортом проводить международные форумы, выходя наружу только для того, чтобы прогуляться.

#### ***Новизна исследований***

Достаточно простая, изначально симметричная в плане композиция, благодаря тому, что сформирована разновысотными контрастными объемами (при этом различными по функциональному назначению) с различных видовых точек воспринимается каждый раз по-новому. Смелый градостроительный приём объемной композиции – разрез внутреннего бульвара, отделяющий офисную башню от остального комплекса.

### *Значимость и прогноз применения*

Архитектура Центра современная, интернациональная, вневременная, учитывающая особенности китайского мышления – китайская, искусно внесённая в городской Московский ландшафт.

Проект делового центра признан победителем конкурса «ВІМ-технологии 2016» в номинации «ВІМ-проект: многофункциональные комплексы».

Руководитель авторского коллектива: акад. РААСН Плоткин В.И.



**Рис. 193.** Главный фасад Китайского делового центра «Парк Хуамин»



**Рис. 194.** Фасад со стороны улицы Вильгельма Пика (фото автора)



**Рис. 195.** Фасад со стороны Парка Хуамин (фото А. Народицкий)



**Рис. 196.** Медиафасад (фото А. Народицкий)

## **2. В ОБЛАСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА**

### **2.1. Разработка архитектурных, планировочных и градостроительных решений будущей туристской территории «Всероссийский пляжный семейный курорт “Новая Анапа”»**

#### *Сущность и результаты исследований*

Разработаны архитектурные, планировочные и градостроительные решения будущей туристской территории «Всероссийский пляжный семейный курорт

«Новая Анапа» (937 га) в районе станицы Благовещенской на общей территории в 1806 га для создания и обеспечения всесезонной эксплуатации курортного пространства, транспортно-логистических маршрутов, объектов инженерной инфраструктуры, общих мероприятий по охране окружающей природной среды и объектов культурного наследия, учитывающие высокую нагрузку на инфраструктуру будущего курорта, позволяющие гостям планировать безопасный и комфортный отдых на всей территории (Рис. 197 и Рис. 198).

### ***Новизна исследований***

Выполненные впервые научно обоснованные современные архитектурные, планировочные и градостроительные решения для территории курорта «Новая Анапа», с учетом особенностей природного ландшафта и уникальной региональной флоры и фауны, будут способствовать реализации одного из первых амбициозных мегапроектов по созданию Всероссийского пляжного семейного курорта «Новая Анапа» с номерным фондом 15 тыс. номеров и созданием в регионе более 18 тыс. новых рабочих мест.

Предложенные планировочные и градостроительные решения предусматривают вовлечение объектов культурного наследия и особо охраняемых природных территорий в рекреационную деятельность и обеспечивают самые современные способы защиты этих территорий от возможных нарушений режима охраны. На территории будет создана комфортная и безопасная городская среда с рекреационными зонами, скверами, парками. Планируется построить визит-центр, санатории и гостиницы, центр парусного спорта, гостевую марину на 300 яхт и маломерных судов, термы и аквапарки, конгресс-центр для выставок и общественных мероприятий, фестивальную зону, школы дополнительного образования, коммерческие площади.

Разработана карта клиентского пути туриста на курорте – от заказа тура и поездки к месту отдыха до организации культурных и развлекательных программ для детей и взрослых.

### ***Значимость и прогноз применения***

Согласно поручению Президента России В.В. Путина от 16.05.2023 г. № Пр-989 к 2030 году на территории России необходимо создать федеральные круглогодичные морские курорты, рассчитанные на размещение не менее 10 млн туристов в год, с планируемым номерным фондом не менее 44 тыс. новых гостиничных номеров. Запуск новых морских курортов, к которым относится «Всероссийский пляжный семейный курорт «Новая Анапа» будет способствовать достижению ключевых показателей национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства». Реализация разработанных архитектурных и градостроительных предложений позволит увеличить в перспективе туристический поток в Анапский район Краснодарского края до 5 млн человек ежегодно без ущерба охране окружающей среды и культурного наследия.

Авторский коллектив: чл.-корр. РААСН, к.э.н., доц. Климов Д.В., чл.-корр. РААСН Атаянц М.Б.; Дёров М.А., Полищук А.В., Соколова А.А., Филиппов М.А.



Рис. 197. Функциональное зонирование территории



Рис. 198. Визуализация

## 2.2. Оптимизация развития очаговых и линейных систем расселения на примере Дальневосточного Федерального округа

На основании авторских методик предложена модель оптимизации системы расселения Дальнего Востока в современных условиях (Рис. 199 и Рис. 200). При этом достигается задача стабилизации его системы расселения: во-первых, за счет завершения формирования на территории Дальнего Востока основного каркаса расселения Российской Федерации; во-вторых, за счет стабилизации ключевых

элементов очагового расселения, которые составляют своего рода «распределенный каркас» расселения. Показана разница в подходах к оптимизации расселения на территориях, где возможно формирование каркаса расселения и на территориях, где возможен только «очаговый каркас» расселения.

Для всего Дальнего Востока в целом и каждого региона в частности дана система рекомендаций по проведению мероприятий, по их градостроительной оптимизации. Намечено формирование ряда важных агломераций, в том числе и не существующих в настоящее время. Агломерация становится крупным узлом расселения, способным остановить процесс оттока населения с Дальнего Востока, что является одной из важнейших проблем. Даны рекомендации по оптимизации крупнейшей в регионе агломерации Владивостока. Даны рекомендации о путях сохранения и развития очагового расселения в труднодоступных районах Дальнего Востока.

Предложена схема развития и соединения каркаса расселения этого макрорегиона с Главной полосой расселения России и пространственного распространения ее до побережья Тихого океана. Введена система новых понятий, отображающих специфику расселения Дальнего Востока.

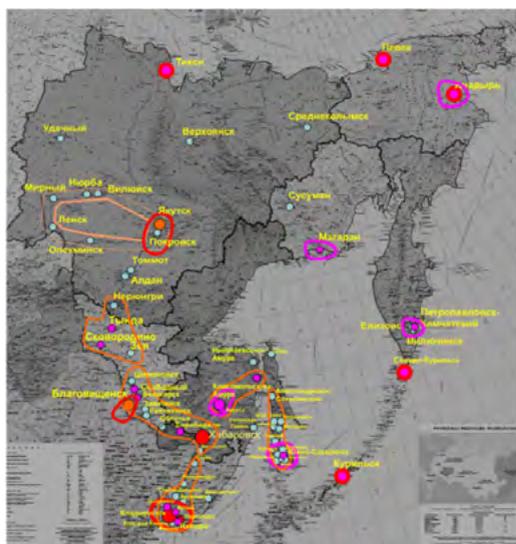
Научный руководитель: акад. РААСН, к.арх. Мазаев А.Г. (Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России УралНИИпроект»)

*Публикации:*

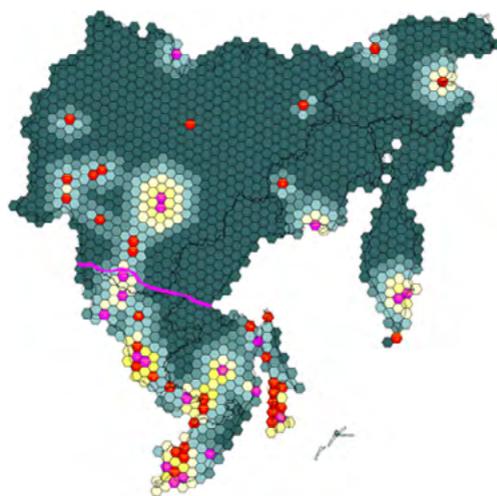
Мазаев А. Г. Относительная величина города как характеристика его ранга в системе расселения (на примере Дальнего Востока)// Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – №2.

Мазаев А. Г. Структурные особенности развития системы расселения Дальнего Востока// Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – №3.

Мазаев А. Г. Основные положения модели оптимизации системы расселения Дальнего Востока// Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – №4.



**Рис. 199.** Модель оптимизации системы расселения Дальнего Востока, общая схема



**Рис. 200.** Модель оптимизации системы расселения Дальнего Востока, поле расселения после коррекции

### **2.3. Система градостроительных инструментов обеспечения условий устойчивого развития административно-территориальных образований в документах территориального планирования градостроительного зонирования и планировки территории**

*Актуальность исследования* определена национальной задачей перехода Российской Федерации к устойчивому развитию в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 02.04.1996 г. № 440.

Завершенное в 2023 году исследование показало, что комплексное использование и расширение состава инструментов проектной деятельности во всех видах на всех уровнях таксонометрического целевого предвидения будущего, включая прогнозирование, долгосрочное и среднесрочное, текущее планирование, ландшафтное и градостроительное моделирование, архитектурно-строительное проектирование объектов капитального строительства способно обеспечить условия устойчивого развития социально и экономически целесообразных, а также экологически допустимых хозяйственных комплексов, отдельных населенных пунктов, административных районов, любых муниципальных и региональных образований.

#### ***Практическая значимость.***

Исследование было апробировано в проекте «Актуализация документов стратегического планирования и выполнение работ по комплексному проекту корректировки документов территориального планирования, градостроительного зонирования в целях повышения эффективности управления развитием территории муниципального образования городской округ Сургут» и дало возможность разработать и скоординировать мероприятия стратегии социально-экономического развития в увязке с параметрами градостроительных нормативов и подготовить единый документ территориального планирования и градостроительного зонирования.

Научный руководитель: акад. РААСН, д.арх. Митягин С. Д.

Ответственные исполнители: чл.-корр. РААСН, к.г.н., доц. Спиринов П.П., к.арх., доц. Гаевская З.А. (ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»)

#### ***Публикации:***

Митягин С.Д., Шевченко Э.А., Семенцов С.В. Федеральный закон № 73-ФЗ и вопросы организации системы охраны объектов культурного наследия // Academia. Архитектура и строительство, №1, 2023, с. 45 – 51

Митягин С.Д. Особенности пространственной организации Российской Федерации // Промышленное и гражданское строительство, №8/2023, с. 88 – 91.

### **2.4. Теоретические основы планировочной организации региональной малоэтажной застройки**

*Актуальность темы* обусловлена наличием современных градостроительных вызовов и связанных с ними проблем обеспечения в течение ближайшей и отда-

лённой перспективы экологической безопасности, комфортности городской среды жизнедеятельности на территории России.

**Научная новизна** выражается в системном подходе, объективно связывающем специфику развития регионов и малоэтажной застройки, основанной на выявлении архитектурно-пространственных и ландшафтных параметров, а также на основе учета природного потенциала, экологических и социально-экономических особенностей. Не менее важным исследованием в работе является направление по созданию комфортной городской среды с учетом необходимости адаптации городов к изменениям климата.

Главным принципом организации жилых комплексов как единых социальных, экологических и архитектурных организмов является ориентация на проектирование в конкретных природно-климатических и историко-культурных условиях. Обоснован приоритет новых технологий малоэтажной застройки в пользу эко-строительства и ресурсосбережения. Малоэтажная застройка наиболее полно отвечает требованиям «зеленого стандарта». Обоснована перспектива развития малоэтажного строительства в применении и использовании региональных ресурсов и материалов для строительства.

В качестве основного результата исследований разработаны теоретические основы планировочной организации малоэтажной жилой застройки в регионах для создания комфортной и экологически благоприятной среды, включая размещение в пространстве расселения России, особенности организации с доступным и здоровым жильем; системой социального, инженерного и транспортного обслуживания; благоустройством во взаимосвязи с окружающей природой. Составлена Матрица, иллюстрирующая процесс организации малоэтажной жилой застройки (Рис. 201).

### ***Практическая значимость***

Полученные результаты НИР направлены на выполнение национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» и рекомендуются для использования в разработке градостроительной и жилищной политики России, определяющей основные направления и тенденции развития малоэтажной жилой застройки, а также в проектно-строительной практике жилищного строительства регионов страны.

Научный руководитель: Долгова В.О. (ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»)

*Публикации:*

Viktoria Dolgova, Boris Kochurov and Ivan Alferov. Forming a sustainable ecological environment of the coastal areas of urban water bodies. International Scientific and Practical Symposium “The Future of the Construction Industry: Challenges and Development Prospects” (FCI-2023) E3S Web of Conferences 457, 02001 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345702001> FCI-2023 Published online: 05 December 2023

Долгова В. О. Основы функциональной и архитектурно-планировочной организации малоэтажной застройки с учетом региональных особенностей / В.О. Долгова - Градостроительство. - 2023. - № 3-4 (85-86). - С. 28-41

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	ШКАЛА						
	РЕГИОН	ПОСЕЛЕНИЯ КРУПНЫЙ / БОЛЬШОЙ И СРЕДНИЙ / МАЛЫЙ ГОРОДА И ДРУГИЕ ПОСЕЛЕНИЯ	ГОРОДСКОЙ ЖИЛОЙ РАЙОН / ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС	КВАРТАЛ	ЗЕМЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК	ЗДАНИЯ	АРХИТЕКТУРА В СОЧЕТАНИИ С ЛАНДШАФТОМ (ОБЪЕДИНЕНИЕМ)
ПРИРОДНЫЙ И КУЛЬТУРНЫЙ ЛАНДШАФТЫ	 СОХРАНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА	 РАЗМЕЩЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ ГРАНИЦ	 ПАРКИ И ОТКРЫТЫЕ ЗЕЛЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА	 ЛАНДШАФТ КВАРТАЛА	 ЗЕЛЕНАЯ ЗОНА	 ФУНДАМЕНТ (ПЛОЩАДЬ ЗАСТРОЙКИ ПОДДАРИЕМ)	 ОБЪЕДИНЕНИЕ УЧАСТКА
УЧЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ПРОЦЕССОВ	 ЗОНЫ РИСКА (ПОДТОПЛЕНИЕ, КАРСТ, ВЕТЕРИ И ДРУГИЕ)	 СХЕМА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ ТЕРРИТОРИИ И УЧЕТУ МИКРОКЛИМАТА	 ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИИ И УЧЕТ МИКРОКЛИМАТА ЗАСТРОЙКИ	 ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИИ И УЧЕТ МИКРОКЛИМАТА ЗАСТРОЙКИ	 ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕДИЦИНСКАЯ И ТЕХНОЛОГИИ	 ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЗДАНИЯ	 АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЕ РЕШЕНИЕ И КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЗДАНИЯ
ТРАНСПОРТНАЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	 РЕГИОНАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	 ТРАНСПОРТНАЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ПОСЕЛЕНИЯ	 ТРАНСПОРТНАЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ СЕТЬ	 ПРОЕКТИРУЕМЫЕ УЛИЦЫ И АЛЛЕИ	 ДОСТУПНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	 СПОСОБ РАЗМЕЩЕНИЯ ГАРАЖА, СТОЯНКИ	 ЕДИНСТВО АРХИТЕКТУРНОГО РЕШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ (УСТОЙЧИВОЕ) РАЗВИТИЕ	 ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ (УСТОЙЧИВОЕ) РАЗВИТИЕ РЕГИОНА	 ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ (УСТОЙЧИВОЕ) РАЗВИТИЕ ПОСЕЛЕНИЯ	 ПРИНЦИПЫ «ЗЕЛЕНОЙ» ПЛАНИРОВКИ	 ПРИНЦИПЫ «ЗЕЛЕНОЙ» ПЛАНИРОВКИ	 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	 СОЛНЕЦЗАЩИТА И ЗАЩИТА ЗДАНИЯ ОТ ВЛАГИ	 «ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА
ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ СОЦИАЛЬНОЙ СПРАВЕДЛИВОСТИ, ДОСТУПНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ	 РЕГИОНАЛЬНЫЕ СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ	 СИСТЕМА СОЦИАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОСЕЛЕНИЯ	 СИСТЕМА СОЦИАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА, КОМПЛЕКСА	 ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ КВАРТАЛА	 ВИД УЧАСТКА С ДОМОМ	 ДОСТУПНОСТЬ ЖИЛЬЯ И ВЫБОР ТИПА ДОМА	 ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВ ДОМОВ В ЗАСТРОЙКЕ
СТАДИИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВОМ	 ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ	 ОРГАНИЗАЦИЯ ФОРМ И МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА	 СТРУКТУРА ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ И ОГРАНИЧЕНИЕ ЕЕ ТЕРРИТОРИИ	 ПЛАН ЗАСТРОЙКИ КВАРТАЛА	 УЧАСТОК ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ДОМА	 РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ЗДАНИЙ	 СТИЛЕВОЕ ЕДИНСТВО АРХИТЕКТУРЫ ЗДАНИЙ
		 УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВОМ	 КОММЕРЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ	 КОММЕРЧЕСКИЙ ПЛАН КВАРТАЛА	 УЧАСТОК ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ДОМА СМЕШАННОЙ СТРУКТУРЫ		
РЕЗУЛЬТАТЫ	 СХЕМА РЕГИОНАЛЬНОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	 ГЕНПЛАН ПОСЕЛЕНИЯ	 ПРОЕКТ ПЛАНИРОВКИ ГОРОДСКОГО ЖИЛОГО РАЙОНА, ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА	 ПЛАН КВАРТАЛА	 ПЛАН УЧАСТКА	 ЖИЛАЯ ЗАСТРОЙКА СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРОДСКОГО ЖИЛОГО РАЙОНА	

Рис. 201. Матрица, иллюстрирующая процесс организации малоэтажной жилой застройки

## 2.5. Компактный город: теория, история, будущее

Разработана теория компактности в градостроительстве, в первую очередь в применении к форме города:

1. Создана система законов функционирования компактной формы в градостроительстве. Законы компактной круглой формы плана города: круглая форма плана максимально компактна вне зависимости от конкретного построения планировочной структуры. Круглая форма плана всегда создается намеренно. Закон компактной прямоугольной формы плана города: прямоугольная форма плана города является универсальной, имеет возможности для неограниченного пространственного роста во всех направлениях при отсутствии непреодолимых препятствий для развития.

2. Разработан алгоритм повышения компактности плана города, состоящий из трех основных этапов. Возможности решения задачи повышения компактности зависят от двух важнейших факторов развития города: его топологического класса, каждый из которых имеет собственные пределы изменения компактности, и фазы развития планировочной системы города – интенсивной или экстенсивной, которые определяют стратегию развития города и планировочные приёмы повышения компактности, специфичные для каждой фазы.

3. Исследованы особенности компактных городов с круглой и квадратной формой плана (Рис. 202 и Рис. 203). Круглые и квадратные градостроительные формы активно используются в современном градостроительстве как для крупных, так и для небольших городов. Их планировочные схемы применяются в генеральных планах городов для изменения их линейного развития на компактное.

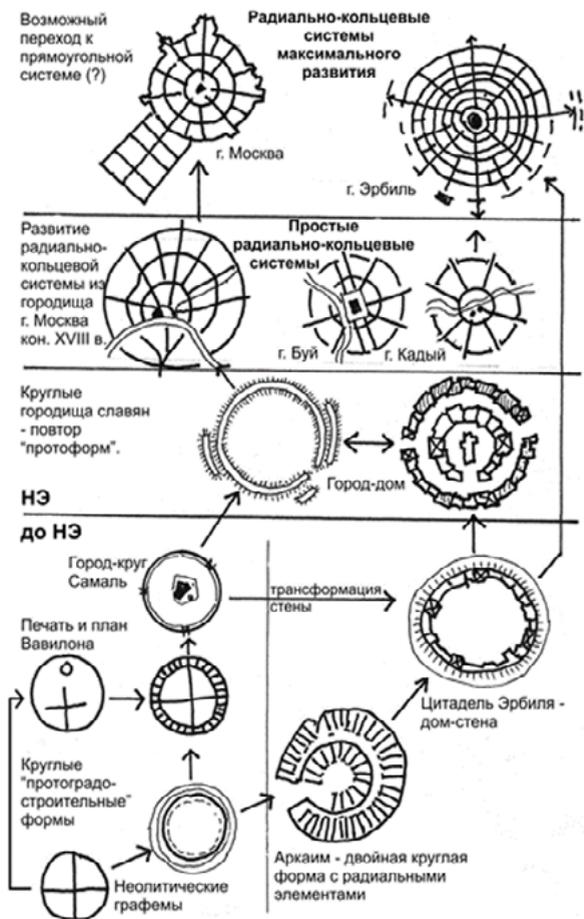


Рис. 202. Схема развития градостроительных структур с круглой формой плана

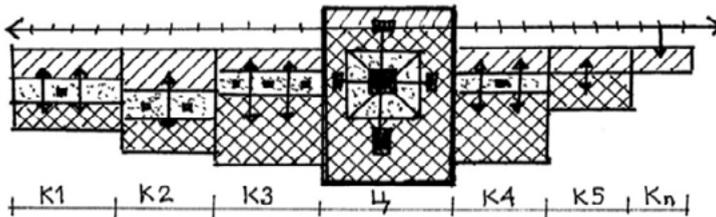


Рис. 203. Изменение планировочной системы линейного типа с созданием в ней компактного элемента

4. Рассмотрено взаимодействие компактных и линейных планировочных структур. Показано, что компактные и линейные планировочные системы являются частями целостной системы расселения, выполняющими в ней свои определенные роли. Компактная структура образует город, а линейная – нет. Можно говорить, что компактность – это свойство города, линейность – свойство связки

между городами в системе расселения. Компактные города – самая ранняя форма организации поселений, они показали высокую устойчивость планировочных приемов, сохраняющихся на протяжении столетий и входящих и сегодня в арсенал современного градостроительства.

Руководитель: акад. РААСН, к.арх. Мазаев Г.В. (Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» УралНИИпроект)

*Публикации:*

Мазаев Г. В. Компактные города в истории градостроительства//Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – № 1.

Мазаев Г. В. Свойства компактной круглой градостроительной формы и ее замена на квадратную//Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – № 2.

Мазаев Г. В. Компактный город – линейный город: единство противоположностей// Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – № 3.

### **3. В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК**

#### **3.1. Методика численного моделирования статического и динамического состояния трёхмерной системы «гидротехническое сооружение (оболочка – наполнитель) – грунтовое основание»**

Решена научная проблема обоснования условий взаимодействия элементов сооружений из оболочек с наполнителем, а также моделирования и организации передачи нагрузки от оболочечной конструкции на грунтовое основание. Сформирована инженерная методика, предназначенная к применению в процессе конструирования, расчёта и проектирования сооружений, выполненных из заполненных тонкостенных оболочек, в том числе планируемых к возведению в регионах со сложными климатическими условиями.

На основе положений технической теории оболочек реализовано численное решение задачи определения усилий и перемещений заполненной оболочки, разработанное с учётом изменения свойств модели по высоте и условий закрепления; разработана методика моделирования и сформирована численная модель описания взаимодействия тонкой оболочки с внутренним наполнителем и средой основания. Построена комплексная методика расчёта и проведена апробация предложенной расчётной модели для оценки напряжённо-деформированного состояния цилиндрических оболочек с наполнителем при расчёте и проектировании сооружений гидротехнического, промышленного и транспортного строительства. Разработаны новые технические решения конструкций из заполненных оболочек, а также технологические приёмы монтажа конструкции и организации взаимодействия с основанием.

Результаты применимы к использованию при оценке возможности возведения гидротехнических сооружений из заполненных оболочек на сейсмоопасных территориях: определена зависимость предельно возможной величины сейсмичности площадки от допустимых величин перемещений и напряжений в элементах с учётом принятых пределов ускорений элементов сооружения, с оценкой возможности возникновения областей «разжижения» грунтового наполнителя.

Научный руководитель: акад. РААСН, д.т.н. Беккер А.Т.,  
 Исполнители: сов. РААСН, д.т.н. Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И. (Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток)

*Публикации:*

Цимбельман Н.Я. Расчетно-экспериментальное обоснование проектирования гидротехнических сооружений с применением заполненных грунтом оболочек. Диссертация на соискание степени д.т.н. Специальность 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология. 2023. 389 с (Беккер А.Т. - научный консультант).

Цимбельман Н.Я., Беккер А.Т. Исследование напряженно-деформированного состояния системы «тонкостенная стальная оболочка – наполнитель – грунтовое основание». Журнал «Гидротехническое строительство» № 3, 2023. С. 8-13.

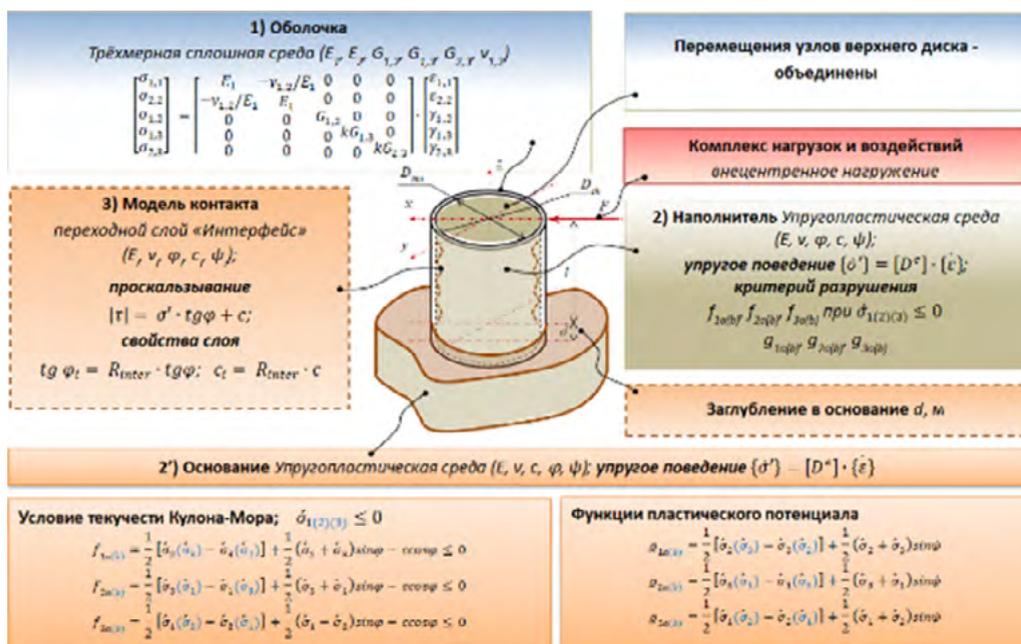


Рис. 204. Схема описания численной модели системы «оболочка – наполнитель – основание»

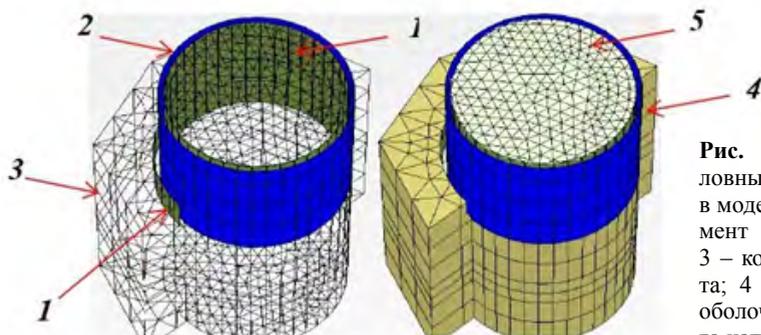


Рис. 205. Расположение условных слоев (Интерфейсов) в модели: 1 – интерфейс; 2 – элемент конструкции (оболочка); 3 – контур моделируемого грунта; 4 – модель грунта снаружи оболочки; 5 – модель внутреннего наполнителя

### **3.2. Разработки теоретических и технологических основ получения дорожных и аэродромных бетонных покрытий повышенной долговечности с добавками гидротермального нанокремнезёма вулканогенного происхождения**

Развитие цивилизации приводит к возрастанию нагрузок на объекты дорожно-транспортной и аэродромной инфраструктуры. Для этих сооружений необходимы покрытия из эффективных строительных материалов с высокими значениями физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик (прочность, трещиностойкость, ударная выносливость, износостойкость, коррозионная стойкость, водонепроницаемость, морозостойкость и т.д.), которых невозможно достичь при применении традиционных бетонов. Таким образом, представляется актуальным создание цементных материалов нового поколения на основе модифицированных композиционных вяжущих с применением вулканогенного гидротермального кремнезёма и обогащенных техногенных ресурсов алюмосиликатного состава для получения эффективных дорожных и аэродромных покрытий.

Исследования являются составной частью комплекса научных исследований, направленных на разработку теоретических и технологических основ получения дорожных и аэродромных бетонных покрытий повышенной долговечности с добавками гидротермального нанокремнезёма вулканогенного происхождения.

Обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение дорожных базальтофибробетонов на модифицированном композиционном вяжущем, заключающееся в создании сверхвысокоплотной упаковки гидратных новообразований на наноуровне с применением новых нетрадиционных сырьевых компонентов (алюмосиликатов, полученных по разработанной технологии, а также гидротермального нанокремнезёма).

#### ***Практическая значимость***

К практическому применению предназначены формируемые по результатам исследований теоретические и технологические основы получения дорожных и аэродромных бетонных покрытий повышенной долговечности с добавками гидротермального нанокремнезёма вулканогенного происхождения. Результаты работы имеют потенциал внедрения в виде технологического регламента на производство материалов для дорожных и аэродромных бетонных покрытий повышенной долговечности с добавками.

Научный руководитель: чл.-корр. РААСН, д.т.н. Вавренюк С.В.

Ответственный исполнитель: д.т.н., проф. Федюк Р.С. (Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» ДальНИИС).

#### ***Публикации:***

Panarin I.I., Fediuk R.S., Vykhodtsev I.A., Vavrenyuk S.V., Klyuev A.V. Injection mortars based on composite cements for soil fixation // Construction Materials and Products, 2023, 6(4), pp. 15–29 / Scopus

I. Volokitina, B. Sapargaliyeva, Y. Liseitsev, S. Vavrenyuk. Increasing strength and performance properties of bimetallic rods during severe plastic deformation. // Case Studies in Construction Materials 19 (2023) e02256. Available online 26 June 2023. 2214-5095/© 2023 / Scopus

V.S. Lesovik , D.Y. Popov, R.S. Fediuk, S.V. Vavrenyuk, Yu.L. Liseitsev. Shrinkage of ultra-high performance concrete with superabsorbent polymers // Magazine of Civil Engineering. 2023. 121(5). / Scopus

Подана заявка на изобретение. Рег. № 2023125596 от 06.10.2023г. Бетонная смесь и способ ее приготовления. Заявитель: филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» ДальНИИС. Авторы: Вавренюк С.В., Федюк Р.С., Панарин И.И., Вавренюк В.Г., Фарафонов А.Э., Козлов П.Г.

### 3.3. Обеспечение работоспособности оснований и фундаментов зданий и сооружений в криолитозоне в условиях изменения климата

Актуальность полученных результатов заключается в их направленности на обеспечение в условиях изменения климата эксплуатационной пригодности оснований и фундаментов зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах (ММГ).

#### *Сущность работы, основные результаты*

Разработаны основы для выбора конструктивно-технологических решений, обеспечивающих работоспособность оснований и фундаментов в криолитозоне при изменении состояния ММГ из-за потепления климата. В 2023 г. проведены лабораторные исследования грунтоцементных кернов (Рис. 206), в Frost 3D численным методом изучено изменение термонапряженно-деформированного состояния (ТНДС) грунтового основания, преобразованного струйной технологией (Рис. 207).



Рис. 206. Определение теплопроводности грунтоцемента

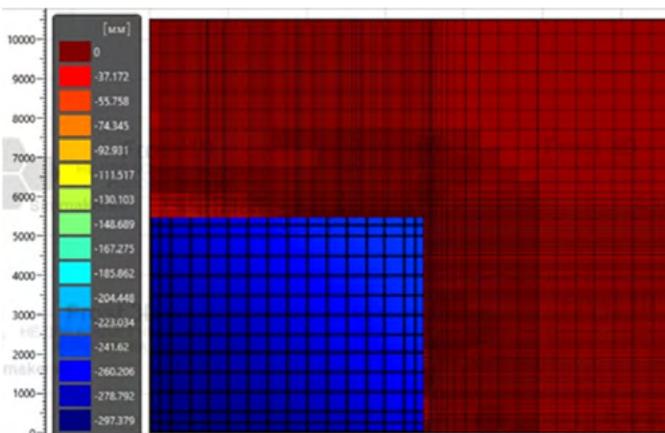


Рис. 207. Осадка S-плитного фундамента на преобразованном основании

#### *Научная новизна*

Выявлены закономерности ТНДС оснований при применении: модернизированных технологий, предотвращающих оттаивание ММГ из-за потепления климата; подземных конструктивных решений, обеспечивающих эксплуатационную пригодность оснований и фундаментов в зоне вечной мерзлоты.

### ***Практическая значимость***

Составлены предложения по конструктивно-технологическим решениям при усилении оснований, обеспечивающим работоспособность оснований и фундаментов в криолитозоне при потеплении климата. Подготовлены предложения для включения в нормы: СП 121.13330.2019 и СП 25.13330.2020.

### ***Прогноз по применению полученных результатов***

Составленный перечень эффективных мероприятий для обеспечения эксплуатационной пригодности зданий и сооружений при оттаивании ММГ может быть внедрен в практику проектирования в зоне вечной мерзлоты при потеплении климата.

Научный руководитель: сов. РААСН, д.т.н., с.н.с. Никифорова Н.С.

Исполнители: акад. РААСН, д.т.н., проф. Ильичев В.А., к.т.н. Готман Ю.А., к.т.н. Коннов А.В. и др. (НИИС РААСН)

#### ***Публикации:***

Ilyichev V.A. et al. Changes in temperature regime of soil in cryolithozone considering climate warming // E3S Web of conferences. - 2023. - Vol.371. - № 02007.

Никифорова Н.С., Коннов А.В. Применение пеностекла для защиты деградирующих грунтов криолитозоны // Construction and Geotechnics. 2023. Т. 14, № 1. С. 99–110.

Ilyichev V.A., Nikiforova N. S., Konnov A.V. Foamed polyethylene installation to prevent permafrost degradation // Proc. of the 17th Asian Regional Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Astana, 14-18 August, 2023). CRC Press., 2023. pp. 1797-1802.

Никифорова Н.С., Маковецкий О.А., Бессонов И.В., Коннов А.В. Экспериментальные исследования теплофизических свойств грунта, закрепленного методом струйной цементации // Жилищное строительство. 2023. № 9. С. 8-13.

### **3.4. Разработка инновационной технологии подготовки подземных вод для питьевого водоснабжения поселков Западной Сибири**

Экспериментальные исследования новой технологии очистки приведены на пилотной установке сооружений водоподготовки в производственных условиях села Варх-Тула НСО.

#### **Показатели качества очищаемой подземной воды**

<b>Точки отбора проб</b>	<b>Fe<sub>общ.</sub>, мг/л</b>	<b>Mn, мг/л</b>	<b>Ж<sub>общ.</sub>, ммоль/л</b>	<b>pH</b>	<b>Активный хлор, мг/л</b>
Исходная (скважина)	2,30	0,63	7,2	7,4	0,0
После контактного бака	2,30	0,62	7,2	8,2	3,0
После сорбционного фильтра	0,10	0,30	7,0	8,1	1,5
После угольного фильтра	0,05	0,05	6,8	8,1	0,3

Как показали результаты оценки эффективности очистки природной воды, качество очищенной воды по физическим, химическим и бактериологическим свойствам отвечает нормативным требованиям, предъявляемым СанПин 2.1.4.1074-01 к воде для питьевых целей.

### ***Основной вывод***

В результате проведенных научно-исследовательских работ предложена окислительно-сорбционная технология подготовки питьевой воды для поселков Сибири из подземных источников с применением электролитического гипохлорита натрия в качестве окислителя и сорбционного фильтрующего материала «Диамикс Аква».

Фото экспериментальной установки станции водоочистки села Верх-Тула представлено на Рис. 208.



**Рис. 208.** Экспериментальная установка станции водоочистки села Верх-Тула

В состав установки входят: водомер; солевой бак NaCl; электролитическая установка; контактный резервуар; скорый фильтр; картриджный угольный фильтр; умягчительный фильтр, ультрафиолетового обеззараживания; автоматический клапан управления; дозировочный насос.

Научный руководитель направления: чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф. Сколубович Ю.Л. (НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

### *Публикации:*

Е.Л. Войтов, Ю.Л. Сколубович, В.М. Майков, П.В. Шведков. Подготовка питьевой воды из подземного источника с повышенным содержанием железа и марганца // Известия вузов. Строительство. 2023. № 2. С. 44–55. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-770-2-44-55.

Е.Л.Войтов, Ю.Л. Сколубович, В.Я. Рудяк, В.В. Дегтярев, Ю.А. Чиркунов, Инновационная технология подготовки подземных вод для питьевого водоснабжения поселков Западной Сибири// Известия вузов. Строительство. 2023. № 7. С. 105–118. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-775-7-105-118

Е.Л. Войтов, Ю.Л. Сколубович, В.Я. Рудяк, В.В. Дегтярев, Ю.А. Чиркунов, В.В. Васильев. Окислительно-сорбционная технология подготовки подземных вод для питьевого водоснабжения // Известия вузов. Строительство. 2023. № 8. С. 108–116. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-776-8-108-116.

### **3.5. Развитие научных основ создания мелкозернистых бетонов, армированных текстильным материалом (текстиль-бетонов)**

Актуальность результатов заключается в исследовании механизмов и способов снижения усадочных явлений в тонкостенных изделиях на основе мелкозернистого бетона.

Новизна полученных результатов. Сформированы научные основы получения модифицированного мелкозернистого бетона (в том числе с применением отходов утилизации бетонного лома, армирующих волокон и специальных добавок) как основы для текстиль-бетонов широкой номенклатуры, в том числе бетонного полотна, текстиль-гипсобетона, дисперсно-армированного бетона и штукатурных составов, с усилением монтажными сетками (Рис. 209 и Рис. 210).

Сущность работы и основные результаты. Изучены закономерности формирования структур, содержащих гидравлическое вяжущее и мелкий заполнитель различной крупности и воду; закономерности поверхностных явлений на границах раздела «цемент-заполнитель-вода». Разработана методика снижения усадочных деформаций в изделиях на ранних стадиях твердения бетона, которое достигается за счет снижения внутреннего отрицательного давления в капиллярах твердеющей системы. Усадка материала происходит за счет стягивания капилляров в матрице в результате отрицательного внутреннего давления. Отрицательное внутреннее давление создается в результате снижения концентрации капиллярной влаги, причиной которой являются процессы гидратации минералов портландцементного клинкера. Поддержание концентрации влаги способствует снижению отрицательного давления в капиллярах, снижению вероятности усадочных процессов, а следовательно, снижению трещинообразования. Поддержание требуемого уровня концентрации влаги в капиллярах осуществляется за счет введения в состав модифицированного бетона комплексной добавки: молотого вулканического туфа и эфиров целлюлозы. На стадии приготовления бетонной смеси комплексная добавка впитывает часть влаги затворения (туф – за счет частично открытой пористости и капиллярных сил, эфир целлюлозы – за счет осмотических эффектов). По мере развития процессов гидратации начинает формироваться дефицит влаги в материале и за счет градиента концентраций комплексная добавка начинает отдавать накопленную влагу, обеспечивая тем самым «внутренний уход» за твердеющим бетоном и минимизацию деструктивных процессов.

Практическая значимость полученных результатов. Разработана методика подбора состава и прогнозирования свойств модифицированного гидравлического вяжущего. Разработаны составы текстиль-гипсобетона для фасадных систем. Изучены процессы усадки мелкозернистых бетонов как основы бетонного полотна и штукатурных покрытий и разработаны практические рекомендации повышения трещиностойкости этих материалов.

Прогноз применения. Результаты НИР применимы при подборе составов и прогнозирования свойств текстиль-бетонов и, в частности, бетонного плотна, а также при разработке нормативных документов на эти материалы.

Результаты.

Бессонов И.В. Оптимизация состава и свойств специальных видов текстиль-бетона: монография / И.В. Бессонов, А.Д.Жуков, Демиссе Б.А., Поудел Р.С. – М.: Директ-Медиа, 2023. – 148 с. ISBN 978-5-4499-3921-0. DOI: 10.23681/706883.

Получены патенты Российской Федерации: 1 патент на изобретение; 2 патента на полезную модель.

Научный руководитель: сов. РААСН, к.т.н. Бессонов И.В,

Исполнители: Жуков А.Д., Говряков И.С., Горбунова Э.А. (НИИСФ РААСН)

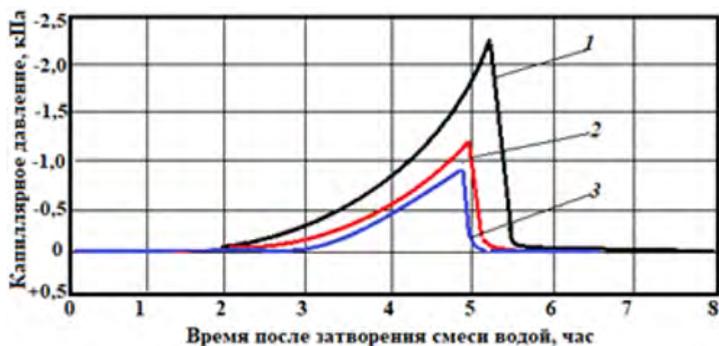


Рис. 209. Изменение капиллярного давления в твердеющих системах: 1- гидравлическое вяжущее без добавок; 2 – смешанное вяжущее (расход туфа 25%); 3 - МГВ (расход туфа 24%, расход эфира целлюлозы 0.16%)

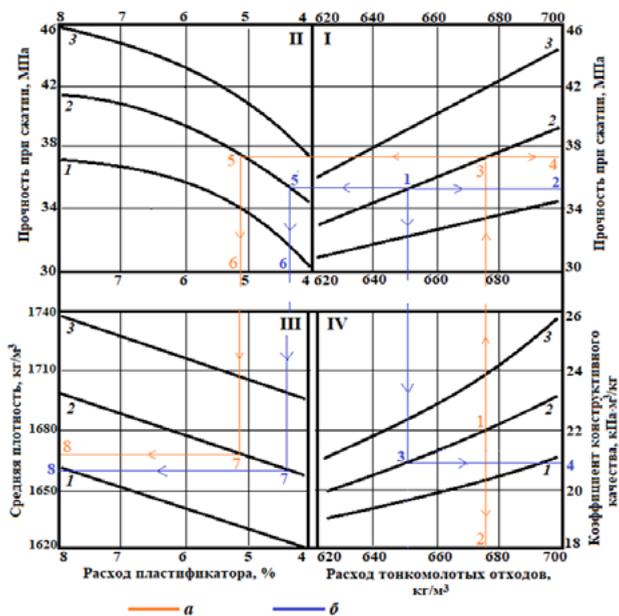


Рис. 210. Инженерное использование номограммы: а – подбор состава бетона; б – прогнозирование свойств мелкозернистого модифицированного бетона

# **ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ**

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СФЕРЕ НАУК ОБ ОБРАЗОВАНИИ**

Современное общество вступает в период серьезных демографических, экономических и технологических изменений во всем мире. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации особо подчеркивается, что «в долгосрочной перспективе особую актуальность приобретают исследования в области понимания процессов, происходящих в обществе. Возрастает актуальность исследований, связанных с этическими аспектами технологического развития, изменениями социальных, политических и экономических отношений». Все это приводит к повышению роли гуманитарных знаний в обеспечении устойчивого будущего нации, в развитии России и определении ее положения в мире. В качестве основного направления реализации государственной политики в области научно-технологического развития страны предлагается развитие интеллектуального потенциала страны. Это направление ставит целый комплекс задач всем гуманитарным наукам, но прежде всего наукам об образовании.

Система образования, являясь одним из основных социальных институтов, отвечает за становление личности и действует в интересах воспитания подрастающих поколений, подготовки их к самостоятельной жизни и профессиональной деятельности, а также удовлетворения индивидуальных образовательных потребностей.

Не будет преувеличением отметить, что от системы образования во многом зависит не только какими будут граждане страны, но благосостояние и технологическое развитие общества.

Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ; Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ; Указ Президента Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 808 «Об утверждении Основ государственной культурной политики»; Указ Президента Российской Федерации от 29 мая 2017 г. № 240 «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия детства»; Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»; Указ Президента Российской Федерации от 25 апреля 2022 г. № 231 «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий»; Указ Президента Российской Федерации от 9 ноября 2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей»; Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённая Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642; Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203; Национальная стратегия развития искусственного

интеллекта на период до 2030 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490; Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годов) и другие документы, имеющие принципиальное значение для развития российского образования и науки, задают вектор научным исследованиям в сфере наук об образовании и требуют новых теоретико-методологических и практико-ориентированных подходов к образованию.

Исходя из реальных тенденций в развитии наук об образовании, содержания социального заказа на исследования в области педагогики, психологии и смежных с ними наук, выделены следующие приоритетные направления фундаментальных и поисковых научных исследований в сфере наук об образовании:

### **1. Междисциплинарные исследования современного детства. Тенденции и закономерности развития современного ребенка в условиях цифрового общества, в том числе:**

1.1. Психологические и психофизиологические закономерности развития современного ребенка в условиях цифрового общества;

1.2. Адаптивные возможности и здоровье детей в разные возрастные периоды. Физиологические основы новых технологий физического воспитания детей и подростков;

1.3. Исследования детских популяций с целью определения возрастных норм психического развития ребенка в условиях изменяющейся социальной ситуации развития;

1.4. Междисциплинарные исследования динамичного процесса психического развития и обучения, причинно-следственных отношений между различными биологическими, психологическими, средовыми факторами и их влиянием на формирование успешности обучения;

1.5. Разработка индивидуальных траекторий обучения на основе исследований детских популяций, фундаментальных нейрофизиологических механизмов обучения, изучения индивидуально-психологических и психофизиологических особенностей современных детей.

### **2. Социализация в информационном пространстве мультикультурного общества и воспитание как факторы социального становления зрелой личности. Психологические особенности развития и самореализации в пожилом возрасте в новой социальной ситуации развития человека, в том числе:**

2.1. Научные основания развития системы воспитания в информационном обществе;

2.2. Формирование мировоззрения и нравственности молодого поколения;

2.3. Проблема социализации в информационном пространстве мультикультурного общества. Формирование целостной картины факторов, определяющих различные варианты социализации в детстве и подростковом возрасте;

2.4. Формирование научных представлений о воспитании в культурологическом и аксиологическом ракурсе как ценностной составляющей духовно-нравственной культуры России;

2.5. Направления психолого-педагогической поддержки семейного воспитания в современных условиях;

2.6. Социально-психологические условия и динамика развития человека в пожилом возрасте. Модели возрастного-психологического развития и самореализации пожилых людей;

2.7. Теоретические и практические основы проведения воспитательной работы в образовательных организациях высшего образования в современных условиях;

2.8. Теория и практика развития культуры межнациональных отношений в образовательной среде на основе формирования морально-этических ценностей и гражданской позиции у всех категорий обучающихся.

### **3. Психолого-педагогическое сопровождение развивающей и безопасной образовательной среды. Развитие интеллектуально-творческого потенциала современного ребенка, подростка и молодого человека, в том числе:**

3.1. Разработка научно обоснованных средств психолого-педагогического сопровождения развития человека в социальной, образовательной и профессиональной средах;

3.2. Психолого-педагогические основания развития образования детей младшего и раннего возраста;

3.3. Психолого-педагогическое обеспечение развития дошкольного образования;

3.4. Разработка методологии и методик формирования содержания начального, основного и среднего общего образования и на их основе регулярное внесение необходимых изменений в содержание образования;

3.5. Современные дидактические системы для всех уровней и видов образования;

3.6. Разработка научно-обоснованных педагогических, психологических, медико-социальных и технологических основ развития информатизации образования;

3.7. Создание безопасной образовательной среды в образовательных организациях разных типов;

3.8. Научно-методическое обеспечение и сопровождение гибридных (дистантных) форм обучения;

3.9. Разработка способов и механизмов развития интеллектуально-творческого потенциала современного человека;

3.10. Формирование эффективной системы выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодежи;

3.11. Исследования, обеспечивающие осуществление эффективной языковой политики в Российской Федерации.

### **4. Ресурсы перехода профессионального образования на инновационный путь развития. Профессиональная карьера в условиях сетевого взаимодействия, в том числе:**

4.1. Обеспечение опережающей подготовки специалистов для передовых отраслей науки и высокотехнологичных секторов экономики;

4.2. Модернизация профессионального образования, в том числе посредством внедрения адаптивных, практико-ориентированных и гибких образовательных программ;

- 4.3. Формирование системы непрерывного обновления работающими гражданами своих профессиональных знаний, умений, навыков, компетенций;
- 4.4. Формирование системы подготовки и профессионального роста научных и научно-педагогических кадров;
- 4.5. Современные образовательные и интерактивные технологии, активные методы профориентации в содержании профориентационной деятельности;
- 4.6. Разработка концепции и доктрины инженерного образования;
- 4.7. Развитие инженерного образования и профессиональное самоопределение на основе гуманитарной составляющей обучения как процесс и эффективный результат профессиональной ориентации учащейся молодежи и взрослого населения;
- 4.8. Условия и факторы подготовки квалифицированных рабочих кадров;
- 4.9. Организация и развитие системы непрерывного этнокультурного образования
- 4.10. Разработка научно-методических основ национальной системы профессионального образования иностранных граждан;
- 4.11. Научно-методическая и информационная поддержка процесса трансформации системы среднего профессионального образования;
- 4.12. Научно-методическое и организационно-технологическое обеспечение разработки цифровой образовательной среды профессионального образования, экспертно-аналитическое сопровождение этого процесса.

**5. Перспективы развития непрерывного педагогического образования. Новые теоретические подходы к обновлению содержания и методов педагогической деятельности, в том числе:**

- 5.1. Научные основы инновационного развития педагогического образования в современной России;
- 5.2. Формирование единой стратегии планирования и разработки образовательных программ педагогического вуза в актуальных и востребованных направлениях подготовки педагога;
- 5.3. Подготовка педагогических кадров для образования взрослого населения, в том числе третьего возраста;
- 5.4. Разработка научно-методологических основ национальной системы профессионального роста педагогических работников;
- 5.5. Разработка психолого-педагогических показателей определения готовности молодежи к выбору педагогической профессии;
- 5.6. Сравнительные исследования ведущих тенденций развития педагогического образования в России и за рубежом как фактор повышения его качества;
- 5.7. Теоретико-методологическое обоснование формирования общенациональной инновационной системы педагогического образования и просвещения на основе фундаментальных научных исследований;
- 5.8. Теоретические и методические основы реализации деятельностного подхода в высшем педагогическом образовании в условиях цифровой трансформации общества.

**6. Научное обоснование современных стратегий и прогнозирование тенденций развития образования. Технологии управления образовательными системами в современном мире, в том числе:**

- 6.1. Определение приоритетов и научное обоснование стратегий развития образования;
- 6.2. Философско-методологический и историко-педагогический анализ трансформации системы образования;
- 6.3. Междисциплинарные и трансдисциплинарные исследования в сфере образования;
- 6.4. Методология оценки качества образования, ориентированная на инновационное развитие общества;
- 6.5. Разработка эффективных практик управления образовательными системами как обеспечивающие рост мотивации педагогических коллективов на достижение высоких результатов в учебно-воспитательном процессе и отвечающих на вызовы цифровой экономики;
- 6.6. Разработка методологии и методик организации и проведения педагогических экспериментов с учетом динамично меняющихся условий развития образования;
- 6.7. Нормативно-правовое регулирование отношений в сфере образования.

**7. Научные основы развития системы образования детей с ограниченными возможностями здоровья и системы непрерывного образования специалистов для работы с ними, в том числе:**

- 7.1. Развитие системы образования детей с ограниченными возможностями здоровья, начиная с первых месяцев жизни;
- 7.2. Развитие системы непрерывного образования специалистов для работы с детьми с ОВЗ;
- 7.3. Реализация профилактических и реабилитационных ресурсов семьи, воспитывающей ребенка с ОВЗ различных нозологических и возрастных категорий;
- 7.4. Современные психолого-педагогические представления о ребенке с ОВЗ разных нозологических и возрастных категорий;
- 7.5. Современные представления о семье ребенка с ОВЗ различных нозологических и возрастных категорий;
- 7.6. Развитие системы эстетического воспитания детей с ОВЗ.

**8. Проблемы, перспективы и минимизация рисков развития образования в России в условиях использования цифровых технологий, в том числе:**

- 8.1. Перспективные направления формирования современной цифровой образовательной среды в Российской Федерации, гарантирующей высокое качество и доступность образовательных ресурсов для всех видов и уровней образования в условиях обеспечения необходимого уровня информационной безопасности;
- 8.2. Обеспечение информационной безопасности участников образовательных отношений и сохранения их физического и психического здоровья при формировании и развитии современной цифровой образовательной среды;
- 8.3. Научные основы применения технологий искусственного интеллекта для персонализации образования и построения индивидуальных образовательных траекторий с учетом когнитивных и личностных особенностей обучающихся;

8.4. Влияние образовательной среды и социальной ситуации развития на человека в условиях использования цифровых ресурсов и цифровизации образовательного процесса;

8.5. Междисциплинарные исследования проблем межкультурной и межъязыковой коммуникации в условиях цифрового общества;

8.6. Культурная идентичность гражданина Российской Федерации в цифровом пространстве;

8.7. Формирование цифровой парадигмы отечественного образования на основе аксиологического подхода, стратегические ориентиры развития информатизации отечественного образования в условиях цифровой трансформации;

8.8. Подготовка педагогических кадров в области информационной безопасности личности в условиях цифровой трансформации образования.

В целях повышения качества фундаментальных научных исследований в сфере наук об образовании предлагаем рассмотреть в качестве приоритетного направления следующее:

**9. Формирование программы научно-аналитического и информационно-сопровождения фундаментальных научных исследований в сфере наук об образовании, в том числе:**

9.1. Разработка критериев доказательности диссертационных исследований в сфере наук об образовании;

9.2. Создание и постоянная актуализация базы данных по тематикам защищенных диссертаций в сфере наук об образовании;

9.3. Создание и постоянная актуализация базы актуальных тематик для подготовки диссертационных исследований в сфере наук об образовании;

9.4. Актуализация базы данных научных изданий в области наук об образовании из «Перечня ВАК», подготовка критериальной базы научных журналов;

9.5. Организация и проведение мониторинга качества диссертационных исследований;

9.6. Развитие издательской деятельности в сфере наук об образовании, в том числе на основе цифровых и сетевых технологий. Поддержка журналов, осуществляющих публикацию результатов фундаментальных научных исследований в области наук об образовании.

## **ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ РОССИЙСКИМИ УЧЕНЫМИ В СФЕРЕ НАУК ОБ ОБРАЗОВАНИИ**

### **ПРОЕКТ «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАСТАВНИЧЕСТВА КАК ТРАДИЦИОННОЙ ФОРМЫ ВОСПИТАНИЯ»**

*Сущность* результата заключается в разработке научных основ наставнической деятельности, направленной на развитие личности в системе общего и профессионального образования на современном этапе развития российского общества и

потребностей государства, в том числе для формирования концептуальной основы дальнейшего проектирования инструментов регламентации наставнической деятельности с учетом необходимости разработки федерального закона о наставничестве и соответствующего профессионального стандарта. Результат вносит вклад в выполнение Указов Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204, от 27.06.2022 г. № 401, от 09.11.2022 г. № 809.

**Научная новизна** результата проекта состоит в том, что впервые проведено комплексное аналитическое исследование аксиологического (целесообразного) аспекта, ресурсов развития и парадигмальных подходов к осуществлению наставнической деятельности; получены и проанализированы данные масштабного социологического исследования (более 4300 педагогических работников городских и сельских школ из 56 субъектов Российской Федерации) уровня развития и организационно-методического обеспечения системы наставничества в общеобразовательных организациях Российской Федерации на современном этапе развития системы образования; получены и проанализированы данные об уровне развития и принятия системы наставничества в теологическом образовании на современном этапе развития российского общества. (Рис. 211 и Рис. 212)

**Практическое значение результата:** разработаны «Концепция развития наставничества в Российской Федерации» и «Этический кодекс наставника в Российской Федерации»; реализованы (в рамках социального партнерства – соглашений РАО, инновационных площадок РАО и ресурсных центров РАО) 30 научно-практических мероприятий по проблематике наставничества, включая Всероссийский форум «Я – наставник» и Всероссийский форум «Наставничество в педагогике: исторический опыт, современное содержание и особенности развития» (п. 38, раздел 1, План основных мероприятий по проведению в Российской Федерации Года педагога и наставника, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 18.02.2023 г. № 339-р); разработаны и реализованы две программы ДПО по технологии реализации программ наставничества в системе образования.

Предполагается, что результаты данного проекта будут использованы для достижения национальных целей развития кадрового потенциала отраслей народного хозяйства Российской Федерации и в рамках выполнения работ по научно-методическому сопровождению разработки и внедрения Стратегии развития воспитания в Российской Федерации до 2035 г. на основе современных вызовов и традиционных российских ценностей.

Авторы: Васильева О.Ю., Басюк В.С., Иванова С.В., Сериков В.В., Фроленкова И.Ю., Кузнецов А.Н., Орешкина А.К., Гукаленко О.В., Гордашникова О.Ю., Федорчук Ю.М., Самотин А.Н., Кравчук В.В., Элбакян Е.С., Кузнецов К.Г. (ФГБУ «Российская академия образования»).

*Публикации:*

Концепция развития наставничества в Российской Федерации – режим доступа: <http://rao.rusacademedu.ru/wp-content/uploads/2023/07/konceptcia-1.pdf>

Этический кодекс наставника в Российской Федерации – режим доступа: <http://rao.rusacademedu.ru/wp-content/uploads/2023/12/eticheskii%CC%86-kodeks-nastavnika-v-rossii%CC%86skoi%CC%86-federacii.pdf>

Васильева О.Ю., Басюк В.С., Иванова С.В. Этика наставника // Ценности и смыслы. – 2023. – № 6 (88). – С. 7-19.

Васильева О.Ю., Басюк В.С., Иванова С.В. Наставничество: вчера, сегодня и завтра // Педагогика. – 2023. – Т. 87, № 8. – С. 5-17.

Гордашникова О.Ю., Кузнецов А.Н., Фроленкова И.Ю. Современные условия и ресурсы развития наставничества в системе общего образования Российской Федерации // Педагогика. – 2023. – Т. 87, № 9. – С. 33-43.

Кузнецов А.Н. Аспекты методологии наставнической деятельности как научная основа ее регламентации // Психолого-педагогический поиск. 2023. № 3 (67). – С. 16-25.

Гордашникова О.Ю., Кузнецов А.Н., Федорчук Ю.М. Актуализация эффективных форм наставничества в системе общего образования // Научно-педагогическое обозрение. – 2023. – № 2(48). – С. 77-85.

Ценностные основы развития российского образования: монография / Под ред. В.П. Борисенкова, М.Л. Левицкого. – М.: МАКС Пресс, 2023. – 544 с.



- Учитель-учитель (37,9%)
- Учитель-ученик (31,7%)
- Ничего (16,6%)
- Ученик-ученик (6,8%)
- Студент-ученик (2,1%)
- Волонтер-ученик (1,7%)
- Работодатель-ученик (1,7%)
- Другое (1,5%)

Рис. 211. Формы наставничества, в которых педагоги принимают личное участие



Рис. 212. Ценностные ориентиры мероприятий, реализуемых в системе наставничества

## ПРОЕКТ «ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НАУК ОБ ОБРАЗОВАНИИ»

*Сущность результата* состоит в том, что для повышения качества диссертационных исследований в области наук об образовании проведена работа по регламентации критериев доказательности диссертационных исследований в области наук об образовании и подготовки соответствующих методических рекомендаций и по формированию перечня актуальных тематик исследований в области наук об образовании.

*Научная новизна* результата заключается в том, что на основе использования экспертного потенциала отделений РАО, Совета РАО по развитию диссертационных исследований в области наук об образовании, Экспертного совета ВАК по педагогике и психологии и специальным образом сформированного научно-педагогического сообщества была проведена масштабная работа по анализу тематик и качества выполнения диссертаций, защищенных в 2010–2020 гг., что позволило разработать критерии доказательности диссертационных исследований в области наук об образовании, а также определить актуальные тематики психолого-педагогических исследований.

*Практическая значимость* заключается в создании условий для повышения качества исследований, полезности полученного результата для оказания помощи научному сообществу, в первую очередь диссертационным советам, аспирантам, молодым ученым, научным руководителям диссертаций в выборе перспективных направлений научных исследований. Тематики сформированы в соответствии с новыми паспортами научных специальностей по педагогическим наукам, распределены по каждому из 207 направлений данных паспортов. Перечень рекомендован президиумом ВАК при Минобрнауки России (решение от 21.04.2023 г. № 12/2) для использования научным сообществом и размещен на специализированном портале ВАК и на сайте РАО.

Важно, что определен механизм ежегодного обновления перечня актуальных тематик диссертационных исследований; создана дискуссионная площадка (ее первое заседание состоялось в декабре 2023 года), в рамках которой широкий круг представителей вузов и научных организаций и членов диссертационных советов имеют возможность оперативно узнавать и решать (совместно с экспертами РАО и ВАК при Минобрнауки России) актуальные проблемы подготовки и аттестации научных кадров высшей квалификации.

Авторы: Васильева О.Ю., Филиппов В.М., Басюк В.С., Иванова С.В., Болотов В.А., Геворкян Е.Н., Подуфалов Н.Д., Сериков В.В. (ФГБУ «Российская академия образования»).

*Публикации:*



Перечень актуальных тематик диссертационных исследований в области наук об образовании



Применение критериев доказательности диссертационных исследований в области наук об образовании

## ПРОЕКТ «ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЦИОКУЛЬТУРНОГО ПОРТРЕТА СОВРЕМЕННОГО СТУДЕНТА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА»

*Сущность результата* состоит в том, что был разработан и реализован комплексный подход к изучению жизненных и профессиональных планов студентов педагогических специальностей.

*Научная новизна* исследования заключается в том, что на основе анализа результатов проведенного в 2023 году социологического опроса 3855 студентов педагогических специальностей 25 вузов в сопоставлении с данными опроса 1469 студентов педагогических вузов, который был проведен в 2003 году, были исследованы содержание и динамика профессиональных планов студентов педагогических вузов за последние двадцать лет. В целом, профессиональные планы студентов определяются влиянием целого ряда социально-демографических и социально-стратификационных факторов, а также уровнем успеваемости студентов, и при этом почти половина опрошенных студентов связывает свои жизненные планы с трудоустройством по специальности. Высокий уровень академической успеваемости студентов определяет стремление к продолжению обучения или трудоустройству по специальности. Он также связан с уверенностью в успешном трудоустройстве и помощи в трудоустройстве со стороны вуза.

За последние двадцать лет существенно изменилось отношение студентов педагогических вузов к получаемой профессии. Так, основная позитивная тенденция связана со значительным ростом доли респондентов, указывающих на свое желание работать по специальности (в 2003 году – лишь каждый пятый студент, в 2023 году – каждый второй) или продолжать обучение по специальности (в 2003 году – каждый пятый, в 2023 году – каждый третий). При этом три четверти студентов педвузов сейчас уверены в том, что найдут работу по специальности. (Диаграмма )



Диаграмма 1. Сопоставление ответов студентов педагогических вузов на вопрос о профессиональных планах в 2003 и 2023 годах

Практическая значимость результата заключается в том, что подтверждена успешность государственной политики Российской Федерации в области повышения престижности педагогического труда. При этом установлено отставание непрофильных вузов в области профориентационной работы со студентами: в области образования планируют работать почти две трети студентов педвузов, а среди студентов педагогических факультетов классических университетов доля таких составляет около половины. Результаты исследования могут быть использованы руководителями и преподавателями вузов при планировании мер повышения эффективности образовательного процесса по педагогическим специальностям.

Авторы: Собкин В.С., Коломиец Ю.О., Адамчук Д.В., Смыслова М.М. (ФГБУ «Российская академия образования»).

*Публикации:*

Собкин В.С., Коломиец Ю.О., Адамчук Д.В., Смыслова М.М. Студент вуза: социально-психологические особенности построения профессиональных планов // Педагогика. – 2024. – № 1.

## **ПРОЕКТ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ У СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ ШКОЛЬНИКОВ»**

*Сущность результата* заключается в том, что решалась актуальная проблема определения уровня математической тревожности (МТ) обучающихся в российских общеобразовательных организациях как фактора профессионально-личностного развития индивида и, потенциально, фактора научно-технологического развития Российской Федерации.

*Научная новизна* состоит в том, что МТ определена как стабильное переживание негативных эмоций (беспокойство, дискомфорт, тревога и др.), связанных с широким спектром ситуаций, предполагающих использование чисел, вычислений и выполнения математических задач. Установлено, что МТ связана с низкой успеваемостью и часто наблюдается у обучающихся. Таким образом, МТ является одним из факторов, негативно влияющих на школьные достижения в математике. Обнаружено, что повышенная МТ может приводить к избегающему поведению: даже интеллектуально способные обучающиеся стараются избежать дисциплин и профессий, связанных с математикой. Показано, что МТ может стать одной из причин, по которой учащиеся не выбирают высокотехнологичные профессии, ограничивая свои карьерные перспективы, что может приводить к сокращению притока инженерных кадров в экономику Российской Федерации.

В исследовании приняли участие 6627 обучающихся 5–11 классов из 7 федеральных округов Российской Федерации. Для оценки МТ впервые была создана русскоязычная скрининговая методика «Сокращенная шкала математической тревожности» (СШМТ), включающая две субшкалы: тревожности изучения математики и тревожности математической оценки. Шкала продемонстрировала хорошие психометрические свойства, что делает ее достаточно эффективным инструментом для оценки МТ обучающихся. Подтверждены внутренняя согласованность ( $\alpha$ -Кронбаха) и внешняя валидность шкалы.

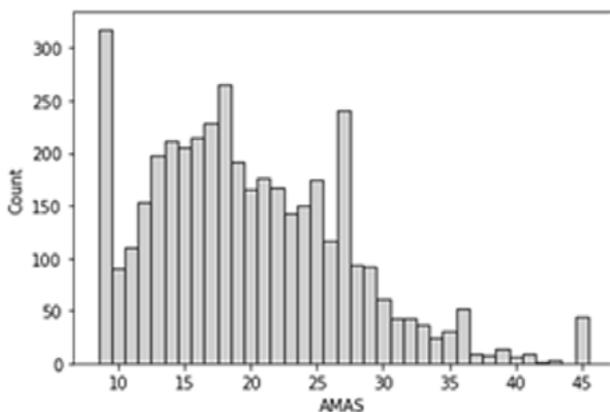
В исследовании впервые было оценено распределение показателей математической тревожности (Рис. 213) в популяции российских школьников, а также определены пороги для трех групп учащихся (не тревожные, средний и выраженный уровень тревожности, Рис. 214).

*Практическое значение результата:* СШМТ может быть использована для своевременного выявления повышенного уровня МТ и купирования ее негативных последствий в ходе обучения. Данные о МТ могут быть использованы в профориентационной работе, чтобы помочь обучающимся преодолеть избегающего поведения при выборе высокотехнологичных профессий.

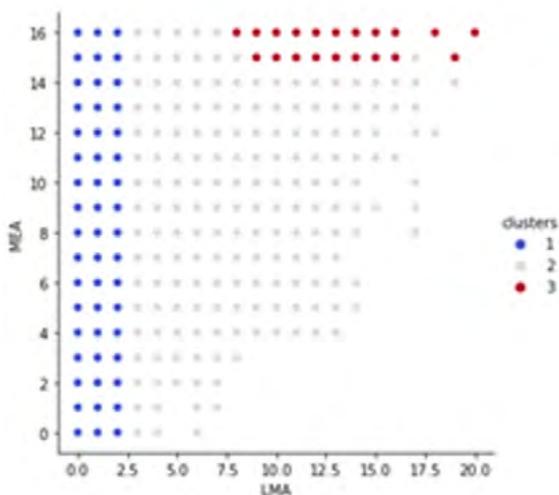
Авторы: Малых С.Б., Маракшина Ю.А., Павлова А.А., Адамович Т.В., Лобаскова М.М., Миронец С.А., Ситникова М.А. (ФГБУ «Российская академия образования»).

*Публикации:*

Marakshina J., Pavlova A., Ismatullina V., Adamovich T., Mironets S., Sitnikova M., Lobaskova M., Malykh S. The Russian version of the Abbreviated Math Anxiety Scale: psychometric properties in adolescents aged 13–16 years. // *Frontiers in Psychology*, 2023, 14:1275212, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1275212.



**Рис. 213.** Распределение показателей математической тревожности



**Рис. 214.** Кластеры показателей математической тревожности

## ПРОЕКТ «РАННЯЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ СТАРШЕКЛАССНИКОВ НА ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПРОФЕССИИ»

На основании разработанной в 2022 году концепции становления российской системы психолого-педагогических классов было проведено исследование содержательно-технологического наполнения системы профессиональной педагогической ориентации старшеклассников. Исследование охватило период с 1803 по 2022 годы. В рамках исследования изучались вопросы о трансформации учебников и учебных пособий в условиях цифровой трансформации образования.

На базе проведенного исследования разработана методология проектирования содержания образования в психолого-педагогических классах на основе обновления содержания обучения, повышения роли воспитания, активной субъектной позиции обучающихся, совместной образовательной деятельности обучающихся, направленной на развитие личностного и системного потенциала; становление активной гражданской позиции школьников через включение в активное преобразование школьной среды и отношений; использование потенциала цифровых технологий для повышения эффективности работы в классе и школе.

Коллективом авторов в издательстве «Просвещение» при научно-методическом руководстве РАО подготовлен инновационный учебно-методический комплект для 10–11 классов «Основы педагогики и психологии» -рабочая учебная программа, учебник (включен в Федеральный перечень, методическое пособие для педагогов, пособие по проектной и исследовательской деятельности учащихся, цифровое сопровождение учебника). Учебник получил высокие оценки экспертов и профессионального сообщества, в настоящее время к реализации программы на основании пособия приступили в 64-х регионах страны. На рисунках ниже представлена содержательная и технологическая организация учебника, включая цифровую составляющую (Рис. 215, Рис. 216).

Авторы: Басюк В.С., Казакова Е.И., Брель Е.Ю., Врублевская Е.Г., Галактионова Т.Г., Илюшин Л.С., Минюрова С.А., Азбель А.А., Белоусова Н.С., Кондракова И.Э., Писаренко И.А., Пугач В.Е. (ФГБУ «Российская академия образования»).

### *Публикации:*

Басюк В.С., Казакова Е.И., Брель Е.Ю., Врублевская Е.Г., Галактионова Т.Г., Илюшин Л.С., Минюрова С.А., Азбель А.А., Белоусова Н.С., Кондракова И.Э., Писаренко И.А., Пугач В.Е. Основы педагогики и психологии. 10-11 классы. В 2-х ч.: Учебное пособие. М., Издательство Просвещение, 2022. – 476 с., тираж 1000 экз. (22 п.л.), ISBN: 978-5-09-095478-5.

Басюк В.С., Казакова Е.И., Брель Е.Ю., Врублевская Е.Г., Галактионова Т.Г., Илюшин Л.С., Минюрова С.А., Азбель А.А., Белоусова Н.С., Кондракова И.Э., Писаренко И.А., Пугач В.Е. Основы педагогики и психологии. 10-11 классы. В 2-х ч.: Учебное пособие. М.: Издательство Просвещение, 2023. Часть 2. – 239 с., тираж 1000 экз. (22 п.л.), ISBN: 978-5-09-095479-2.

Басюк В.С., Казакова Е.И., Брель Е.Ю., Врублевская Е.Г., Галактионова Т.Г., Илюшин Л.С., Минюрова С.А., Азбель А.А., Белоусова Н.С., Кондракова И.Э.,

Писаренко И.А., Пугач В.Е. Основы педагогики и психологии. 10-11 классы: практикум по учебному проектированию: учебное пособие, разработанное в комплексе с учебником. М.: Издательство Просвещение, 2023. Часть 2. – 128 с., тираж 1000 экз. (12 п.л.), ISBN: 978-5-09-107585-4.



Рис. 215.

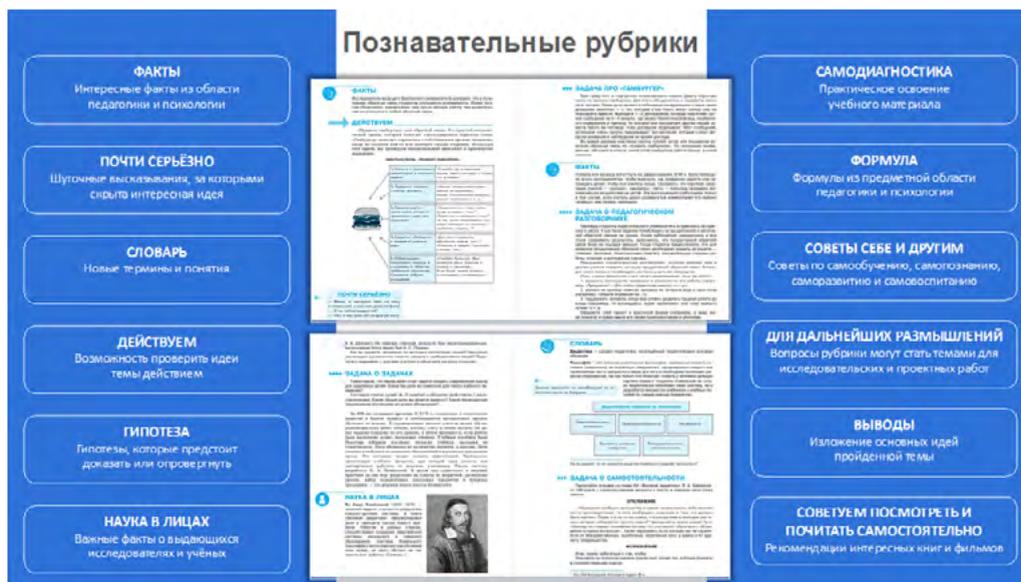


Рис. 216.

## ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА

Проведение фундаментальных научных исследований в Российской академии художеств осуществляется в соответствии с основными направлениями Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030).

Среди основных результатов необходимо отметить следующие масштабные исследования, некоторые из которых относятся к нескольким областям:

### ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ АРХИТЕКТУРА



Ряд исследований 2023 года посвящен архитектуре XX-XXI вв. Одним из них можно считать уникальную по масштабу и представляемому материалу работу, которая получила свое воплощение в форме монографии. Это исследование о знаковых архитекторах современности Михаиле Васильевиче и Михаиле Михайловиче Посохинах. Они творили в разные эпохи, круг идей и размах задач, решаемых ими, соответствовали историческому моменту и задачам страны.

Авторитет М.В. Посохина – главного архитектора Москвы, талантливого зодчего и министра СССР – был безусловным. Его эпоха дала городу знаменитые сталинские высотки, Калининский проспект, Дворец съездов и экспериментальные жилые районы, где интересы жителей ставились во главу угла. Дух советской прогрессивной архитектуры прорастал через сталинский ампиризм и задачи Генплана 1971 года.

Родившиеся тогда идеи комплексного развития города, использования железобетона как передового материала, создания транспортного каркаса при сохранении исторического облика города были подхвачены следующим поколением архитекторов, к которым относится Михаил Михайлович Посохин. Архитектор новой формации, сохранивший высокие профессиональные стандарты в постсоветскую эпоху перемен, много лет возглавлял ведущий проектный институт «Моспроект-2» имени М.В. Посохина, вместе с командой которого в конце XX и начале XXI века проектировал и реализовал знаковые объекты города, современные жилые дома и офисы мирового класса. Авторские проекты зодчего представлены в данном издании. М.М. Посохин называет главным проектом своей профессиональной деятельности восстановление храма Христа Спасителя, ставшего символом эпохи и ключевым объектом города. В этой работе ярко проявилось тесное сотрудничество с Российской академией художеств во главе с З.К. Церетели. Развитие Москвы было задачей первостепенной важности для правительства столицы и руководителя стройкомплекса В. И. Ресина.

В издании представлены проекты, статьи, размышления зодчих о Москве, ее архитектуре и истории. Многие годы Москва менялась, в том числе силой таланта

отца и сына. Сегодня творчество Посохиных вписано в генетический код города, который продолжает развиваться, прирастать новыми интересными градостроительными и архитектурными решениями.

Многие материалы опубликованы впервые. Издание не только вносит значимый вклад в изучение истории архитектуры и монументального искусства второй половины XX века – начала XXI вв, но и является ценным материалом для образовательного процесса в художественных школах, лицеях, институтах.

*Публикация:*

Москва двух архитекторов. Михаил Васильевич, Михаил Михайлович Посохины / Автор-составитель М. М. Посохин. - Москва: Энциклопедия, 2023. - 464 с: илл. ISBN 978-5-94802-268-0. Тираж 500 экз. Печатается по решению Президиума Российской академии художеств.

## ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ ГРАФИКА

Коллективная монография основана на материалах научно-теоретической конференции, посвященной 150-летию академика Академии художеств СССР, Народного художника РСФСР Анны Петровны Остроумовой-Лебедевой. Исследование посвящено роли и значению творчества мастера графического искусства А.П. Остроумовой-Лебедевой в контексте российского и мирового искусства, его влиянию на современное состояние печатной графики, участие художника в формировании академической графической школы и роль в истории ее становления. Раскрываются малоизученные биографические данные, вводятся в научный оборот новые имена и архивные материалы из частных собраний, связанные с творчеством А.П. Остроумовой-Лебедевой.

Исследование позволяет оценить значимость творческого вклада в отечественную культуру ряда отечественных мастеров, по-новому взглянуть на изобразительное искусство XX века.

Настоящее издание послужит ценным материалом для учащихся художественных школ, лицеев и творческих вузов.

*Публикация:*

К 150-летию академика Академии художеств СССР, Народного художника РСФСР Анны Петровны Остроумовой-Лебедевой // Научно-теоретическая конференция 2021: коллект. монография / сост. А. Н. Сеницына, Н. Е. Григорьева; науч. ред.

Е.О. Романова. – Москва: КУРС, 2023. – 192 с.: ил. ISBN 978-5-906818-16-4. Тираж 500 экз. Печатается по решению Президиума Российской академии художеств.



## ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ ДИЗАЙН



Исследование составили материалы ежегодных научно-практических конференций «Новейшие тенденции в развитии различных направлений дизайна», организованных Отделением дизайна Российской академии художеств. В частности освещаются направления, в которых современный российский, а также международный дизайн проявлен наиболее заметным образом. Авторы исследований рассматривают самые разнообразные аспекты дизайна, среди которых: дизайн компьютерных интерфейсов, промышленный дизайн, концептуальные вопросы последних достижений дизайна в объектах архитектуры, тенденции в развитии средового дизайна, социокультурные факторы дизайна, а также актуальные вопросы взаимодействия дизайна и искусства.

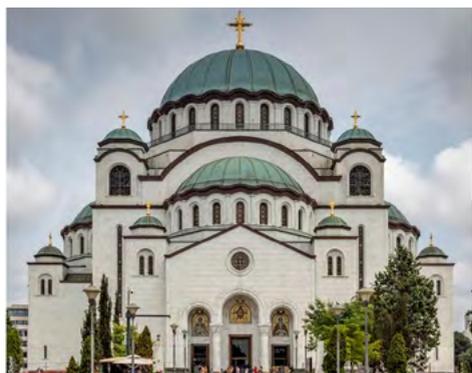
Издание предназначено искусствоведам, профессиональным дизайнерам, преподавателям и студентам творческих вузов, критикам искусства и широкому кругу читателей, интересующихся вопросами современного дизайна.

### *Публикация:*

Тенденции в развитии различных направлений дизайна / Ответственный редактор и составитель А.А. Бобыкин – Москва: Энциклопедия, 2023– 288 с. ISBN 978-5-94802-265-9. Тираж 500 экз. Печатается по решению Президиума Российской академии художеств.

## ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ ЖИВОПИСЬ

Фундаментальным базисом деятельности Российской академии художеств ее академики считают творческие достижения членов отделений, наиболее значимые художественные произведения и проекты (серии живописных и графических произведений, памятники, произведения декоративного искусства, художественные решения театральных постановок и др.), созданные за отчетный период. Подобные результаты творческой деятельности можно отнести к фундаментальному вкладу Академии художеств в развитие современной культуры России, наряду с



достижениями фундаментальной науки об искусстве.

С момента своего основания и по сей день Академия художеств в России играет ведущую роль не только в создании центральных памятников в России, но и во всем мире. Создание убранства храма Святого Саввы Сербского на Врачаре (Белград) стало новой страницей как в истории христианского искусства, так и для современной художественной куль-

туры, и еще раз демонстрирует богатство традиции отечественной школы монументального искусства.

*Реализация проекта художественного убранства Храма Святого Саввы Сербского (Сербия, Белград). 2016-2023 гг. Руководитель проекта – президент РАХ З.К.Церетели, главный художник – академик Н.А.Мухин.*

Уникальный по своему масштабу и исторической значимости проект демонстрирует сохранение и достижения уникальной российской школы мозаичного искусства. Реализации проекта предшествовала масштабная исследовательская работа по сбору и подготовке иконографического материала, был собран богатый архивный материал. Общая площадь выполненных мозаик составила 17 тыс. кв.м, что делает храм настоящей энциклопедией православного религиозного искусства, не имеющего аналогов за всю историю христианства. Более 50 млн тессеров (кусочков смальты) разной величины было уложено на стены храма. Суммарный вес всей мозаики превышает 400 т.

Над созданием мозаичного убранства работало 15 бригад художников общей численностью 350 человек. Многие из них – выпускники академических художественных вузов, стажеры творческих мастерских монументальной живописи РАХ и члены Российской академии художеств. Помимо мозаик в храме по проектам академика РАХ Николая Мухина выполнены 3 иконостаса с иконами, которые были написаны художниками Свято-Тихоновского университета, 4 огромных киота высотой около 7 метров с иконами, выложен декоративный мраморный пол и вывешен грандиозный хорос (центральный светильник храма) диаметром 20 м, а также ряд хоросов для входных групп храма.

Проект является не только произведением монументального искусства, значимым вкладом в мировую художественную культуру, но и примером развития отечественной школы изобразительного искусства, высокого мастерства.

Выставочные проекты и научные исследования, проведенные по итогам масштабной работы, являются важным материалом для исследователей и учащихся художественных институтов и училищ страны.

## **ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ И ХУДОЖЕСТВЕННАЯ КРИТИКА**

Монография «Россия-Индия: сад дружбы» посвящена истории и современному развитию культурных связей двух государств и приурочен к 75-летию независимости Индии. Примечательно, что в этом процессе исторически одну из





ведущих ролей сыграла Академия художеств СССР, а позднее продолжила Российская академия художеств. Сегодня как никогда важно не только помнить историю, но и ценить заслуги выдающихся отечественных мастеров, которые отдавали все свои силы во благо развития искусства, художественной школы, стремились открыть новые горизонты сотрудничества в сфере изобразительного искусства.

Проект «Россия-Индия: сад дружбы» является значимым мероприятием в рамках масштабной научно-исследовательской и выставочной деятельности Российской академии художеств. Он объединил усилия сразу нескольких подразделений Российской академии художеств – отделения живописи, декоративного искусства, скульптуры, графики. Неизменно ценно участие коллег из других организаций искусства, науки и образования, музеев России. Настоящее исследование составили уникальные материалы – воспоминания отечественных мастеров изобразительного искусства о поездках в Индию и общении с индийскими коллегами, их путевые дневники, богатый фото- и документальный материал, собранный в государственных архивах России, у наследников, частных коллекционеров и художников, произведения изобразительного искусства, участвовавшие в выставке, а также работы вдохновленные Индией из собраний государственных музеев России, статьи российских и индийских искусствоведов о культурных связях России и Индии. Многие материалы публикуются впервые. Обширный материал составили и научные статьи коллег из Индии.

Исследование знакомит с историей культурных связей Индии и России, творческим взаимодействием российских и индийских художников, важной ролью Академии и ее членов в этом процессе. В нем еще раз раскрывается потенциал искусства как формы дипломатии, подчеркивается значительная роль, которую сыграли художники обеих стран в развитии дружественных отношений между Россией и Индией.

Для художников, дизайнеров, архитекторов, специалистов в области искусствоведения, культурологии, политологии, преподавателей и студентов художественных вузов и ссузов.

*Публикация:*

Монография «Россия-Индия: сад дружбы.» М., 2023. Авторы идеи: Кочемасова Т.А., Сопова К.В. Составитель: Сопова К.В. Куратор издания и научный редактор: Кочемасова Т.А.

ISBN 978-5-6048493-8-5. Тираж 1000 экз.

Коллективная монография по материалам ежегодной научной конференции XXXIII Алпатовские чтения «Искусство петровской эпохи. К 350-летию императора Петра I – основателя Императорской Академии Художеств и Наук» обращается к истории изобразительных искусств и архитектуры в эпоху Петра Великого и анализирует важнейший этап в формировании национальной идентичности русской художественной культуры – искусство России начала Нового времени. Исследователи выявляют важные черты процесса пространственного развития России,

вводят в научный обиход новые материалы о русском искусстве конца XVII – начала XVIII веков, уточняют характер связей отечественного и европейского искусства, место искусства России в мире. Обширный исследовательский материал позволяет создать картину развития изобразительных искусств и архитектуры в эпоху Петра Великого, выявить его закономерности и особенности, определить тенденции отечественных изобразительных искусств и архитектуры, начиная с периода позднего Средневековья, приведших к формированию искусства в период правления Петра Первого.

Для художников, дизайнеров, архитекторов, специалистов в области искусствоведения, культурологии, политологии, преподавателей и студентов художественных вузов и ссузов.

*Публикация:*

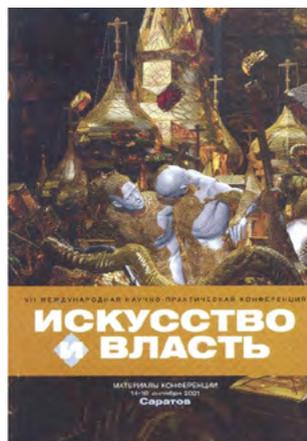
Искусство петровской эпохи. К 350-летию императора Петра I – основателя Императорской Академии Художеств и Наук // Коллект. монография по материалам научной конференции XXXIII Алпатовские чтения 24 ноября 2022 г. РАХ, Москва / Науч. рук. - Д.О. Швидковский, науч. ред. - Е.О. Романова. М.: Российская академия художеств, 2023. 180 с; ил. ISBN 978-5-6048493-5-4. Тираж 500 экз.

## НОВЕЙШИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Коллективная монография публикуется по материалам исследований, проводимых на базе Поволжского отделения Российской академии художеств, Отделения новейших художественных течений РАХ и Московского музея современного искусства. В основе исследования, кроме прочего, международные ежегодные конференции «Искусство и власть», проходившие в Саратове, а также выставочные проекты РАХ и ММСИ.

В ходе исследования рассматривается широкий круг вопросов и актуальных научных тем, объединяющих деятелей искусства, науки и образования, представителей власти, экспертов, художников-педагогов из ведущих художественных вузов страны, представителей творческих общественных организаций. В основе исследования, кроме прочего, анализ выставочного проекта «Виртуальный реализм», представляющий новейшие информационные технологии применительно к изобразительному искусству, а также выставки ТСХР «Ограничение: от Ветхого Завета до COVID-19» и Школы современного искусства Московского музея современного искусства.

Программа фундаментальных научных исследований, по которой работает Российская академия художеств, направлена на развитие научной базы россий-



ской культуры, современной образовательной системы, анализ живописных школ в системе высшего и среднего художественного образования России, призвана стимулировать изучение и применение новых цифровых технологий в изобразительном искусстве.

Для художников, дизайнеров, архитекторов, специалистов в области искусствоведения, культурологии, политологии, преподавателей и студентов художественных вузов и ссузов.

*Публикация:*

ИСКУССТВО и ВЛАСТЬ: коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции / под ред. К. В. Худякова, С.А. Кузнецовой. - Саратов: Агентство рекламных и маркетинговых коммуникаций Софит, 2023. - 298 с. ISBN 978-5-6047868-5-7. Тираж 200 экз.

Редакционная коллегия: К.В. Худяков, С.А. Кузнецова, Л.В. Желондиевская, И.И. Бондаренко, И.П. Сосновская.

Исследование, впервые в мировой науке, посвящено «Воздуху и Небесам» как важнейшей теме христианской иеротопии и иконографии, преимущественно в византийско-древнерусской традиции. Внимание авторов сосредоточено на сакрально-символических аспектах темы и на методологии историко-художественных исследований. Настоящее издание является продолжением многолетней инновационной научной программы, посвященной иеротопии – изучению создания сакральных пространств как особого вида духовного и художественного творчества. С 2011 г. в рамках большой программы реализуется исследовательский проект иеротопии важнейших элементов мира – Огня, Воды, Земли и Воздуха. В настоящий момент уже вышли три монументальных сборника статей: «Иеротопия огня и света в культуре византийского мира» (М., 2013), «Святая Вода в иеротопии и иконографии христианского мира» (М., 2017) и «Иеротопия Святой Горы в христианской культуре» (М., 2019). Нынешнее издание, рассматривающее тему Небес и Воздуха, является естественным завершением трех предшествующих проектов.

Новые актуальные подходы в изучении искусства с древнейших времен до наших дней объединили современное визуальное искусство и прошлые эпохи на основе новых методологических подходов, введения новой терминологии. Многоуровневый анализ произведений искусства разных эпох позволяет рассматривать

новейшие художественные течения в контексте многовековой художественной традиции. Материалом для исследования явились произведения изобразительного искусства, архитектуры, музыки, литературы, кинематографа.

Результаты исследования в форме издания адресованы как специалистам в области культуры и искусства, так и широкой аудитории.

*Публикация:*

Иеротопия Воздуха и Небес в культуре христианского мира / Редактор-составитель А.М. Лидов. - М: «Индрик», 2023. -575 с, 176 ил. ISBN 78-5-91674-716-4. Тираж 500 экз.



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в Докладе обзор состояния фундаментальной науки в Российской Федерации и важнейшие научные достижения российских ученых, полученные в 2023 году, свидетельствуют о том, что отечественная фундаментальная наука продолжает сохранять широкий фронт исследований и отчетливые представления о путях дальнейшего развития в общей перспективе мировой науки.

Большинство новых научных результатов имеют конкретное прикладное значение. Они, таким образом, могут рассматриваться как весомый вклад академической науки в решение задач социально-экономического развития России, обеспечения технологического суверенитета и безопасности государства.

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

1.	ОМН РАН	Отделение математических наук РАН
2.	ОФН РАН	Отделение физических наук РАН
3.	ОНИТ РАН	Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН
4.	ОЭММПУ РАН	Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН
5.	ОХНМ РАН	Отделение химии и наук о материалах РАН
6.	ОБН РАН	Отделение биологических наук РАН
7.	ОФизиолН РАН	Отделение физиологических наук РАН
8.	ОНЗ РАН	Отделение наук о Земле РАН
9.	ООН РАН	Отделение общественных наук РАН
10.	ОГПМО РАН	Отделение глобальных проблем и международных отношений РАН
11.	ОИФН РАН	Отделение историко-филологических наук РАН
12.	ОМедН РАН	Отделение медицинских наук РАН
13.	ОСН РАН	Отделение сельскохозяйственных наук РАН
14.	ДВО РАН	Дальневосточное отделение РАН
15.	СО РАН	Сибирское отделение РАН
16.	УрО РАН	Уральское отделение РАН
17.	ВНЦ РАН и РСО-А	Владикавказский научный центр РАН и Правительства Республики Северная Осетия - Алания
18.	ДНЦ РАН	Дагестанский научный центр РАН
19.	КБНЦ РАН	Кабардино-Балкарский научный центр РАН

20.	КазНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
21.	КарНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»
22.	КНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук».
23.	ННЦ РАН	Нижегородский научный центр РАН
24.	НЦЧ РАН	Научный центр РАН в Черноголовке
25.	СамНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Самарский научный центр» Российской академии наук
26.	СПбНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский научный центр» Российской академии наук
27.	СНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Саратовский научный центр» Российской академии наук
28.	ТНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Троицкий научный центр» Российской академии наук
29.	УНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Уфимский федеральный исследовательский центр» Российской академии наук
30.	ЮНЦ РАН	Федеральный исследовательский центр «Южный научный центр Российской академии наук»
31.	ААНИИ	Государственный научный центр Российской Федерации «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт»
32.	АКЦ ФИАН	Астрокосмический центр Учреждения Российской академии наук «Физического института им. П.Н. Лебедева» РАН
33.	АлтГУ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет»
34.	АНЦ	Акционерное общество «Астрономический научный центр»
35.	АНЦ «Донской»	Аграрный научный центр «Донской»
36.	АРАН	Архив РАН
37.	БАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Библиотека Российской академии наук»
38.	БИН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ботанический институт им. В.Л. Комарова» Российской академии наук
39.	БИП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения» Российской академии наук

40.	БФУ имени И.Канта	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
41.	Верхневолжский ФАНЦ	Верхневолжский Федеральный аграрный научный центр
42.	ВИАПИ им. А.А. Никонова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ	Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А. Никонова (ВИАПИ) - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий - Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства»
43.	ВИАМ	Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»
44.	ВИЗР	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»
45.	ВИЛАР	ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»
46.	ВИНИТИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский институт научной и технической информации» Российской академии наук
47.	ВИР	Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
48.	ВНИИ агрохимии	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
49.	ВНИИ кукурузы	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы»
50.	ВНИИ маслоделия и сыроделия - филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН
51.	ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ	Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
52.	ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова	Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова
53.	ВНИИГРЖ - филиал ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста»	Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»
54.	ВНИИЗ - филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

55.	ВНИИК - филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатов имени А.Л. Мазлумова» а» РАН
56.	ВНИИМЗ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель»
57.	ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
58.	ВНИИНМ	Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»
59.	ВНИИП - филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко» Российской академии наук
60.	ВНИИСПК	Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур
61.	ВНИИО - филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»	Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»
62.	ВНИИОЗ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»
63.	ВНИИР – филиал ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста»	Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства – филиал ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста»
64.	ВНИИРАЭ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
65.	ВНИИСБ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»
66.	ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
67.	ВНИИСХМ	Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии
68.	ВНИИФБиП – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста	Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

69.	ВНИМИ, ВНИИ молочной промышленности	Федеральное государственное автономное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»
70.	ВНИИВиВ «Магарач» РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН
71.	ВНИИФ	Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
72.	ВолНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Вологодский научный центр Российской академии наук
73.	ВСЕГЕИ	Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского
74.	ВЦ РАН	Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук
75.	ГАИШ	Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга
76.	ГБС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН
77.	ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ	Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы
78.	ГБУЗ МКНЦ имени А.С. Логинова ДЗМ	Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова» Департамента здравоохранения города Москвы
79.	ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ	Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский клинический институт оториноларингологии им. Л.И. Свержевского» Департамента здравоохранения города Москвы
80.	ГЕОХИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской революции «Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского» Российской академии наук
81.	ГИ ПФИЦ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Горный институт» Уральского отделения Российской академии наук
82.	ГИМ	Государственный исторический музей
83.	ГИН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Геологический институт» Российской академии наук
84.	ГНИИИ ВМ МО РФ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Министерства обороны Российской Федерации
85.	ГЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Геофизический центр» Российской академии наук
86.	ГоИ КНЦ РАН	Горный институт – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

87.	Дальневосточный НИИСХ – филиал ФГБУН «Хабаровский ФИЦ ДВО РАН»	Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН «Хабаровский ФИЦ» Дальневосточного отделения Российской академии наук
88.	ДВГИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Дальневосточный геологический институт» Дальневосточного отделения Российской академии наук
89.	ДВФУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»
90.	ЗИН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Зоологический институт» Российской академии наук
91.	ИА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт археологии» Российской академии наук
92.	ИАиЭ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и электрометрии» Сибирского отделения Российской академии наук
93.	ИАК РАН, Институт археологии Крыма РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт археологии Крыма РАН»
94.	ИАП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматизации проектирования» Российской академии наук
95.	ИАПУ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и процессов управления» Дальневосточного отделения Российской академии наук
96.	ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ	Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
97.	ИАфр РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт Африки» Российской академии наук
98.	ИАЭТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт археологии и этнографии» Сибирского отделения Российской академии наук
99.	ИБВВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина» Российской академии наук
100.	ИБГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биологии гена» Российской академии наук
101.	ИБК РАН	Институт биофизики клетки Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Пушкинский научный центр биологических исследований» Российской академии наук
102.	ИБМХ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича»
103.	ИБР РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова» РАН

104.	ИБРАЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» Российской академии наук
105.	ИБХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова» Российской академии наук
106.	ИБХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля» Российской академии наук
107.	ИБ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт востоковедения» Российской академии наук
108.	ИВИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт всеобщей истории Российской академии наук
109.	ИВиС ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вулканологии и сейсмологии» Дальневосточного отделения Российской академии наук
110.	ИВМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука» Российской академии наук
111.	ИВМ СО РАН	Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
112.	ИВМиМГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики» Сибирского отделения Российской академии наук
113.	ИВНД и НФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии» Российской академии наук
114.	ИВП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт водных проблем» Российской академии наук
115.	ИВПС КарНЦ РАН	Институт водных проблем Севера – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»
116.	ИВР РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт восточных рукописей» Российской академии наук
117.	ИВС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт высокомолекулярных соединений» Российской академии наук
118.	ИВТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вычислительных технологий» Сибирского отделения Российской академии наук
119.	ИВЭП ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт водных и экологических проблем» Дальневосточного отделения Российской академии наук
120.	ИВЭП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт водных и экологических проблем» Сибирского отделения Российской академии наук

121.	ИГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт географии» Российской академии наук
122.	ИГ КарНЦ РАН	Институт геологии — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр» Российской академии наук
123.	ИГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт географии им. В.Б. Сочавы» Сибирского отделения Российской академии наук
124.	ИГАБМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геологии алмаза и благородных металлов» Сибирского отделения Российской академии наук
125.	ИГГ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого» Уральского отделения РАН
126.	ИГГД РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геологии и геохронологии докембрия» Российской академии наук
127.	ИГД ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела» Дальневосточного отделения Российской академии наук
128.	ИГД СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н. А. Чинакала» Сибирского отделения Российской академии наук
129.	ИГД УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела» Уральского отделения Российской академии наук
130.	ИГЕМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии» Российской академии наук
131.	ИГИ КБНЦ РАН	Институт гуманитарных исследований – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр» Российской академии наук
132.	ИГИиПМНС СО РАН	Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр» Сибирского отделения Российской академии наук
133.	ИГиЛ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева» Сибирского отделения Российской академии наук
134.	ИГМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева» Сибирского отделения Российской академии наук
135.	ИГП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт государства и права» Российской академии наук

136.	ИГФ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича» Уральского отделения Российской академии наук
137.	ИГХ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук
138.	ИГЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева» Российской академии наук
139.	ИДВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт Дальнего Востока» Российской академии наук
140.	ИДГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер Российской академии наук
141.	ИДСТУ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова» Сибирского отделения Российской академии наук
142.	ИЕ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт Европы» Российской академии наук
143.	ИЗиСП при Правительстве РФ	Федеральное государственное научно-исследовательское учреждение «Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации»
144.	ИЗК СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт земной коры» Сибирского отделения Российской академии наук
145.	ИЗМИРАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова» Российской академии наук
146.	ИИ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт истории» Сибирского отделения Российской академии наук
147.	ИИАЭ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока» Дальневосточного отделения Российской академии наук
148.	ИИАЭ ДФИЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт истории, археологии и этнографии» Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук
149.	ИИЕТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова» Российской академии наук
150.	ИИиА УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт истории и археологии» Уральского отделения Российской академии наук
151.	ИИМК РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт истории материальной культуры» Российской академии наук
152.	ИИФ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения Российской академии наук

153.	ИКВС УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза» Уральского отделения Российской академии наук
154.	ИКЗ ТюмНЦ СО РАН	Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН
155.	ИКИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт космических исследований» Российской академии наук
156.	ИКСА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт Китая и современной Азии» Российской академии наук
157.	ИКТИ РАН	Федеральное государственное автономное учреждение науки «Институт конструкторско-технологической информатики» Российской академии наук
158.	ИЛА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт Латинской Америки» Российской академии наук
159.	ИЛИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт лингвистических исследований» Российской академии наук
160.	ИЛФ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт лазерной физики» Сибирского отделения Российской академии наук
161.	ИМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики им. С.Л. Соболева» Сибирского отделения Российской академии наук
162.	ИМАШ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благоврава» Российской академии наук
163.	ИМБ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта» Российской академии наук
164.	ИМБП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Государственный научный центр Российской Федерации «Институт медико-биологических проблем» Российской академии наук
165.	ИМБП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт монголоведения, буддологии и тибетологии» Сибирского отделения Российской академии наук
166.	ИМВЦ УФИЦ РАН	Институт математики с вычислительным центром - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уфимский федеральный исследовательский центр» Российской академии наук
167.	ИМГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт молекулярной генетики» Российской академии наук
168.	ИМЕТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук
169.	ИМЕТ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт металлургии» Уральского отделения Российской академии наук

170.	ИМЗ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова» Сибирского отделения Российской академии наук
171.	ИМКЭС СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мониторинга климатических и экологических систем» Сибирского отделения Российской академии наук
172.	ИМЛИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мировой литературы им. А.М. Горького» Российской академии наук
173.	ИММ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского» Уральского отделения Российской академии наук
174.	ИММ ФИЦ КазНЦ РАН	Институт механики и машиностроения – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр» Российской академии наук
175.	ИМСС УрО РАН	Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Пермский федеральный исследовательский центр» Уральского отделения Российской академии наук
176.	ИМХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева» Российской академии наук
177.	ИМЧ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук
178.	ИМЭМО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е.М. Примакова» Российской академии наук
179.	ИНАСАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт астрономии» Российской академии наук
180.	ИНГТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука» Сибирского отделения Российской академии наук
181.	ИНМЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт нанотехнологий микроэлектроники» Российской академии наук
182.	ИНОЗ РАН	Институт озераедения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр» Российской академии наук
183.	ИНП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт народнохозяйственного прогнозирования» Российской академии наук
184.	ИНХ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт неорганической химии им. А.В. Николаева» Сибирского отделения Российской академии наук

185.	ИНХС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени «Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева» Российской академии наук
186.	ИНЭИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт энергетических исследований» Российской академии наук
187.	ИНЭОС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова» Российской академии наук
188.	ИО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» Российской академии наук
189.	ИОГен РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова» Российской академии наук
190.	ИОНХ НАН Беларуси	Государственное научное учреждение «Институт общей и неорганической химии» Национальной академии наук Беларуси
191.	ИОНХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова» Российской академии наук
192.	ИОС УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского» Уральского отделения Российской академии наук
193.	ИОФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей физики им. А.М. Прохорова» Российской академии наук
194.	ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН	Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр» Российской академии наук
195.	ИОА СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева» Сибирского отделения Российской академии наук
196.	ИОХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского» Российской академии наук
197.	ИП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт психологии» Российской академии наук
198.	ИПКОН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» Российской академии наук
199.	ИПЛИТ РАН, ФНИЦ КФ ИПЛИТ РАН	Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН – филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук
200.	ИПМ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт прикладной математики» Дальневосточного отделения Российской академии наук

201.	ИПМ им. М.В. Келдыша РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша» Российской академии наук
202.	ИПМ РАН	Институт проблем машиностроения РАН – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики» Российской академии наук
203.	ИПМаш РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем машиноведения» Российской академии наук
204.	ИПМех РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского» Российской академии наук
205.	ИПМИ КарНЦ РАН	Институт прикладных математических исследований – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр» Российской академии наук
206.	ИПМТ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем морских технологий» Дальневосточного отделения Российской академии наук
207.	ИПНГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем нефти и газа» Российской академии наук
208.	ИПНГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем нефти и газа» Сибирского отделения Российской академии наук
209.	ИППИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» Российской академии наук
210.	ИППИМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем проектирования в микроэлектронике» Российской академии наук
211.	ИПРИМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт прикладной механики» Российской академии наук
212.	ИПРЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем региональной экономики» Российской академии наук
213.	ИПРЭК СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения Российской академии наук
214.	ИПС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт программных систем им. А.К. Айламазяна» Российской академии наук
215.	ИПТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко» Российской академии наук
216.	ИПТМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов» Российской академии наук

217.	ИПУ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук
218.	ИПФ РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики» Российской академии наук»
219.	ИПХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем химической физики» Российской академии наук
220.	ИПЭЭ РАН	Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук
221.	ИРИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт российской истории» Российской академии наук
222.	ИРЛИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт русской литературы» (Пушкинский Дом) Российской академии наук
223.	ИРЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» Российской академии наук
224.	ИРЯ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт русского языка им. В.В. Виноградова» Российской академии наук
225.	ИС УрО РАН	Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Оренбургский федеральный исследовательский центр» Уральского отделения Российской академии наук
226.	ИСАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт спектроскопии» Российской академии наук
227.	ИСВЧПЭ РАН	Федеральное государственное автономное научное учреждение «Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники им. В.Г. Мокерова» Российской академии наук
228.	ИСЗФ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт солнечно-земной физики» Сибирского отделения Российской академии наук
229.	ИСКРАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт Соединенных Штатов Америки и Канады» Российской академии наук
230.	ИСИЭЗ	Институт статистических исследований и экономики знаний
231.	ИСл РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт славяноведения» Российской академии наук
232.	ИСОИ РАН – филиал ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН	Институт систем обработки изображений РАН – филиал федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН
233.	ИСП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт системного программирования им. В.П. Иванникова» Российской академии наук

234.	ИСПИ РАН	Институт социально-политических исследований Федерального научно-исследовательского социологического центра Российской академии наук
235.	ИСПМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова» Российской академии наук
236.	ИСЭ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт сильноточной электроники» Сибирского отделения Российской академии наук
237.	ИСЭИ УФИЦ РАН	Институт социально-экономических исследований – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уфимский федеральный исследовательский центр» Российской академии наук
238.	ИСЭМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева» Сибирского отделения Российской академии наук
239.	ИСЭПН ФНИСЦ РАН	Институт социально-экономических проблем народонаселения имени Н.М. Римашевской – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный научно-исследовательский социологический центр» Российской академии наук
240.	ИТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе» Сибирского отделения Российской академии наук
241.	ИТиГ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина» Дальневосточного отделения Российской академии наук
242.	ИТПЗ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики» Российской академии наук
243.	ИТПМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича» Сибирского отделения Российской академии наук
244.	ИТПЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической и прикладной электродинамики» Российской академии наук
245.	ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау» Российской академии наук
246.	ИТЭБ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» Российской академии наук
247.	ИУ ФИЦ УУХ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии» Сибирского отделения Российской академии наук, «Институт угля» СО РАН
248.	ИФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физиологии им. И.П. Павлова» Российской академии наук
249.	ИФЗ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта» Российской академии наук

250.	ИФ СО РАН	Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
251.	ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН	Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук «Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр» Уральского отделения Российской академии наук
252.	ИФА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова» Российской академии наук
253.	ИФАВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физиологически активных веществ» Российской академии наук
254.	ИФВД РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики высоких давлений им. Л.Ф.Верещагина» Российской академии наук
255.	ИФЗ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта» Российской академии наук
256.	ИФиП УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт философии и права Уральского отделения» Российской академии наук
257.	ИФЛ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт филологии» Сибирского отделения Российской академии наук
258.	ИФМ РАН	Институт физики микроструктур РАН – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики Российской академии наук»
259.	ИФМ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики металлов им. М.Н. Михеева» Уральского отделения Российской академии наук
260.	ИФП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова» Сибирского отделения Российской академии наук
261.	ИФПМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики прочности и материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук
262.	ИФР РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева» Российской академии наук
263.	ИФТ РАН, ИФТ ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН	Институт фотонных технологий Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук
264.	ИФТТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики твердого тела» Российской академии наук

265.	ИФХЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина» Российской академии наук
266.	ИХБФМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химической биологии и фундаментальной медицины» Сибирского отделения Российской академии наук
267.	ИХВВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых» Российской академии наук
268.	ИХС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени «Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова» Российской академии наук
269.	ИХТТМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии твердого тела и механохимии» Сибирского отделения Российской академии наук
270.	ИХТТ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии твердого тела» Уральского отделения Российской академии наук
271.	ИЦиГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики» Сибирского отделения Российской академии наук
272.	ИЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экономики» Российской академии наук
273.	ИЭ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экономики» Уральского отделения Российской академии наук
274.	ИЭА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Дружбы народов «Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая» Российской академии наук
275.	ИЭИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экономических исследований» Дальневосточного отделения Российской академии наук
276.	ИЭМ, ФГБНУ «ИЭМ»	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт экспериментальной медицины»
277.	ИЭМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского» Российской академии наук
278.	ИЭОПП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экономики и организации промышленного производства» Сибирского отделения Российской академии наук
279.	ИЭП КНЦ РАН	Обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина
280.	ИЭРиЖ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экологии растений и животных» Уральского отделения Российской академии наук

281.	ИЭФ УРО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт электрофизики» Уральского отделения Российской академии наук
282.	ИЭФБ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова» Российской академии наук
283.	ИЯз РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт языкознания» Российской академии наук
284.	ИЯИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерных исследований» Российской академии наук
285.	ИЯЛИ ДНЦ РАН, ИЯЛИ ДФИЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт языка, литературы и искусства им. Г. Цадасы» Дагестанского научного центра Российской академии наук
286.	ИЯЛИ КарНЦ РАН	Институт языка, литературы и истории КарНЦ РАН – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук
287.	ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт языка, литературы и истории Коми научного центра» Уральского отделения Российской академии наук
288.	ИЯФ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера» Сибирского отделения Российской академии наук
289.	Институт иммунологии ФМБА России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр «Институт иммунологии» Федерального медико-биологического агентства
290.	Институт философии РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт философии» Российской академии наук
291.	Институт цитологии РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт цитологии» Российской академии наук
292.	КалмНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Калмыцкий научный центр Российской академии наук»
293.	Калмыцкий НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»	Калмыцкий научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Б. Нармаева – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
294.	КамчатНИРО	Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
295.	КНИТУ-КАИ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
296.	КраО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Крымская астрофизическая обсерватория» Российской академии наук
297.	Курский ФАНЦ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»

298.	КФ ФИЦ ЕГС РАН	Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук»
299.	МАГЭ	Морская арктическая геологоразведочная экспедиция
300.	МАЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) Российской академии наук
301.	МГИ, МГИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН»
302.	МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
303.	МГПУ	Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский государственный педагогический университет»
304.	МГТУ им. Н.Э. Баумана	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»
305.	МГУ (МГУ им. М.В. Ломоносова)	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
306.	МГУ им. Г.И. Невельского	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского»
307.	МИАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Математический институт им. В.А. Стеклова» Российской академии наук
308.	ММБИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Мурманский морской биологический институт» Российской академии наук
309.	МСЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Межведомственный суперкомпьютерный центр» Российской академии наук
310.	МФТИ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»
311.	Национальный НИИ общественного здоровья им. Н.А. Семашко	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья им. Н.А. Семашко»
312.	НГУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
313.	НИВС им. И.И. Мечникова	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова»

314.	НИГТЦ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский геотехнологический центр» Дальневосточного отделения Российской академии наук
315.	НИИГБ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
316.	НИИМЧ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт морфологии человека»
317.	НИИНА	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков имени Г.Ф. Гаузе»
318.	НИИПЗК	Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева
319.	НИИПФ ИГУ	Научно-исследовательский институт прикладной физики Иркутского государственного университета
320.	НИИТПМ - филиал ИЦиГ СО РАН	Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»
321.	НИИФКИ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт фундаментальной и клинической иммунологии»
322.	НИИХП	Федеральное государственное автономное научное учреждение «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»
323.	НИИЭОАПК ЦЧР - филиал ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»	Научно-исследовательский институт экономики и организациагропромышленного комплекса Центрально-черноземного района – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»
324.	НИИЯФ МГУ	Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
325.	НИИ акушерства, гинекологии и репродуктологии им.Д.О.Отта	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д.О. Отта»
326.	НИИ педиатрии ЦКБ РАН	Научно-исследовательский институт педиатрии и охраны здоровья детей Федерального государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Центральная клиническая больница» Российской академии наук
327.	НИИ пульмонологии ФМБА России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства»
328.	НИИ фармакологии имени В.В. Закусова	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт фармакологии имени В.В. Закусова»

329.	НИИР им. В.А. Насоновой	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт ревматологии имени В.А. Насоновой» НИИ ревматологии им. В.А. Насоновой
330.	НИТУ МИСиС	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"»
331.	НИУ ВШЭ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"»
332.	НИУ МГСУ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
333.	НИЦ «Курчатовский институт», НИЦ КИ	Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
334.	НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
335.	НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского
336.	НИЦ МБП КНЦ РАН	Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике – обособленное структурное подразделение Кольского научного центра Российской академии наук
337.	НИЦ СЭ и НК	Общество с ограниченной ответственностью «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров»
338.	НИЦЭМ им.Н.Ф.Гамалеи	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи» Министерства здравоохранения Российской Федерации
339.	НИЯУ МИФИ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"»
340.	НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
341.	НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации
342.	НМИЦ им. В. А. Алмазова Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
343.	НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

344.	НМИЦ кардиологии Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации
345.	НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко	Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации
346.	НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации
347.	НМИЦ онкологии Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации
348.	НМИЦ радиологии	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России
349	НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации
350.	НМИЦ ТПМ Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации
351.	НМИЦ трансплантологии и искусственных органов им. ак. В.И. Шумакова	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России.
352.	НМИЦ эндокринологии Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации
353.	ННЦМБ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук
354.	НТЦ микроэлектроники РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур» Российской академии наук
355.	НЦ ПЗСРЧ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека»
356.	НЦЗ им. П.П. Лукьяненко	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»
357.	ОИВТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук»
358.	ОИЯИ	Объединенный институт ядерных исследований

359.	ОНЦ УрО РАН; ОФИЦ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Оренбургский федеральный исследовательский центр» Уральского отделения Российской академии наук
360.	ПИБР ДНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Прикаспийский институт биологических ресурсов» Дагестанского научного центра Российской академии наук
361.	ПИН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка» Российской академии наук
362.	ПНИИЭО АПК	Поволжский научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»
363.	ПОМИ им. В.А. Стеклова РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургское отделение Математического института им. В.А. Стеклова» Российской академии наук
364.	ПСПБГМУ им. Павлова Минздрава России	ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
365.	Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)
366.	Психологический институт РАО	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Психологический институт Российской академии образования»
367.	РААСН	Российская академия архитектуры и строительных наук
368.	РАХ	Российская академия художеств
369.	РГГУ	ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»
370.	РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина	Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина
371.	РИНЦ	Российский индекс научного цитирования
372.	РКС	Российские космические системы
373.	РНИМУ им. Н.И. Пирогова	Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации
374.	РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»
375.	РФЯЦ - ВНИИЭФ	Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
376.	РФЯЦ - ВНИИТФ	Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина. Предприятие Госкорпорации «Росатом»

377.	СамГМУ Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
378.	САО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук»
379.	СВКНИИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило» Дальневосточного отделения Российской академии наук
380.	СПЦ «Смена» – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВНИТИП» РАН	Селекционно-генетический центр «Смена» – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук
381.	Северо-Кавказский ФНАЦ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»
382.	СЗНИЭСХ	Институт аграрной экономики и развития сельских территорий (ИАЭРСТ) – структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр» Российской академии наук
383.	СибИМЭ СФНЦА РАН	Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского отделения Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
384.	СКФУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
385.	СКФНЦСВВ	Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия
386.	СОИГСИ ВНЦ РАН	Северо-Осетинский институт гуманитарных и социальных исследований им. В.И. Абаева – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр РАН»
387.	СПбГУ	Санкт-Петербургский государственный университет
388.	СПбГМТУ	Санкт-Петербургский государственный морской технический университет
389.	СПБНИИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский институт истории Российской академии наук»
390.	СПбФ АРАН	Санкт-Петербургский филиал архива РАН
391.	СПбПУ	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
392.	СПИИРАН	Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук – структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

393.	СФУ	Сибирский федеральный университет
394.	ТатНИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН	Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр» Российской академии наук
395.	ТИБОХ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова» Дальневосточного отделения Российской академии наук
396.	ТИГ ДВО РАН	Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской Академии Наук
397.	ТОИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук
398.	Томский НИМЦ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр» Российской академии наук
399.	Тувинский НИИСХ	Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
400.	УГНТУ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
401.	УИИЯЛ УдмФИЦ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский институт истории, языка и литературы» Уральского отделения Российской академии наук
402.	Университет ИТМО	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
403.	УрФАНИЦ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр» Уральского отделения Российской академии наук
404.	УрФУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
405.	УФИХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Уфимский Институт химии» Российской академии наук
406.	ФАНЦ РД	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр» Республики Дагестан
407.	ФАНЦ Северо-Востока	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»
408.	ФГАНУ	Федеральное государственное автономное научное учреждение
409.	ФГАОУ ВО	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
410.	ФГБНУ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

411.	ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук»
412.	ФГБОУ ВО	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
413.	ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации
414.	ФГБУ	Федеральное государственное бюджетное учреждение
415.	ФГБУН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
416.	ФГБУН «НБС-ННЦ»	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
417.	ФГБУ «ЦСП» ФМБА России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства
418.	ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»
419.	ФГУП	Федеральное государственное унитарное предприятие
420.	ФИАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук
421.	ФИЦ Биотехнологии РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук»
422.	ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»
423.	ФИЦ ВИР	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
424.	ФИЦ ЕГС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук»
425.	ФИЦ ИК СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализ им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»
426.	ФИЦ ИУ РАН	Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление Российской академии наук»
427.	ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»

428.	ФИЦ КазНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
429.	ФИЦ КНЦ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук"
430.	ФИЦ Коми НЦ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук»
431.	ФИЦ питания и биотехнологии	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»
432.	ФИЦ «Немчиновка»	Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»
433.	ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»
434.	ФИЦ ПХФ и МХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук»
435.	ФИЦ УУХ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук»
436.	ФИЦ ХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук»
437.	ФИЦ ЯНЦ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
438.	ФИЦВиМ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии»
439.	ФИЦКИА УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика
440.	ФНАЦ ВИМ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
441.	ФНИСЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный научно-исследовательский социологический центр Российской академии наук»
442.	ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр "Кристаллография и фотоника" Российской академии наук»
443.	ФНКЦ РР	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии»

444.	ФНКЦ ФМБА России, Федеральний научно-клинический центр ФМБА России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медикобиологического агентства»
445.	ФНЦ агроэкологии РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
446.	ФНЦ БЗР	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»
447.	ФНЦ БСТ РАН	Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
448.	ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН»
449.	ФНЦ ВНИИМК, ВНИИМК им. В.С. Пустовойта	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»
450.	ФНЦ ВНИИЭСХ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий - Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства»
451.	ФНЦ им. И.В. Мичурина	Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина
452.	ФНЦ Лубяных культур	Федеральный научный центр лубяных культур
453.	ФНЦ риса	Федеральный научный центр риса
454.	ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН
455.	ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН	Федеральное государственное автономное научное учреждение Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН (Институт полиомиелита)
456.	ФНЦО	Федеральный научный центр овощеводства
457.	ФРАНЦ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный ростовский аграрный научный центр»
458.	ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук»
459.	ФТИАН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физико-технологический институт Российской академии наук»
460.	ХФИЦ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук»

461.	ЦИАМ им. П.И. Баранова	Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»
462.	ЦИТП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук»
463.	ЦНИИ КМ «Прометей»	Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» им. И.В. Горьнина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
464.	ЦНИИ туберкулеза	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»
465.	ЦНИИ чермет им. И.П. Бардина	Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина»
466.	ЦНИИЭ, ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора	Федеральное бюджетное учреждение науки «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
467.	ЦТП ФХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Центр теоретических проблем физико-химической фармакологии Российской академии наук»
468.	ЦЭМИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Центральный экономико-математический институт Российской академии наук»
469.	ЮФУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»
470.	ЮУГМУ Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

ДОКЛАД  
О ВАЖНЕЙШИХ  
НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЯХ  
РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ  
В 2023 ГОДУ

Том 1

Формат 70x100 1/16  
Гарнитура Times  
Усл.-п. л. 26,98. Уч.-изд. л. 20,5  
Тираж 200 экз.

Издатель – Российская академия наук

Верстка и печать – УНИД РАН  
Отпечатано в экспериментальной цифровой типографии РАН

Распространяется бесплатно