



*Российская Академия Наук*

# ДОКЛАД

**О важнейших научных достижениях  
российских ученых  
в 2022 году**

## **Книга 1**

**Материалы Отделений  
Российской академии наук**

МОСКВА

**2023**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОДЕРЖАНИЕ</b> .....	2
СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ.....	3
<b>Математические науки</b> .....	3
<b>Физические науки</b> .....	25
<b>Нанотехнологии и информационные технологии</b> .....	56
<b>Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления</b> .....	78
<b>Химия и науки о материалах</b> .....	105
<b>Биологические науки</b> .....	117
<b>Физиологические науки</b> .....	137
<b>Медицинские науки</b> .....	160
<b>Науки о Земле</b> .....	201
<b>Общественные науки</b> .....	262
<b>Глобальные проблемы и международные отношения</b> .....	289
<b>Историко-филологические науки</b> .....	301
<b>Сельскохозяйственные науки</b> .....	321
<b>Заключение</b> .....	337
<b>Принятые сокращения</b> .....	338

# СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ

## Математические науки

Математика как наука лежит в основе всех естественнонаучных способов познания окружающего нас мира: физики, механики, химии, биологии, наук о Земле, информатики. В последнее время и многие социально-экономические и гуманитарные исследования опираются на строгие математические методы. Многие области математики, развивавшиеся как чисто теоретические, привели впоследствии к революционным сдвигам как в технологическом прогрессе, так и в научном описании нашего мира. Советская и российская математическая школа в XX-ом веке занимала лидирующие позиции практически во всех областях математики. Россия и в настоящее время сохраняет значительный потенциал, который может быть использован во всех направлениях технологического развития. Отметим следующие основные современные тенденции развития в мировой и российской математике.

В области **математической логики**, которая является одной из важнейших и активно развивающихся областей математики, усиливаются связи с другими областями математики и в то же время обнаруживаются новые практические приложения. 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. В теории моделей активно развиваются методы, связанные с приложениями к алгебраической геометрии. Современная теория вычислимости представлена с одной стороны работами по теории сложности вычислений и доказательств, булевой сложности, алгоритмической теории информации, а с другой стороны – исследованием новых физически или биологически мотивированных моделей вычислений, таких как квантовые вычисления, ДНК-вычисления и другие. Конструктивные теории типов служат основой систем интерактивного доказательства теорем. Это привело к возрождению интереса к исследованиям по конструктивной логике и ее моделям. В этой области наблюдается быстрый прогресс как в теории, так и в практике. Также значительно увеличилось количество исследований различных типов систем построения формализованных выводов. В целом, область структурной теории доказательств, тесно связанная с теорией вычислимости и функциональными языками программирования, переживает в наше время очевидный подъем. В области **приложений логики к информатике** все большее место занимает модальная логика, которая используется для описания обмена знаниями в многоагентных системах, для верификации протоколов вычислений, в языках авторизации, в языках онтологических баз знаний (дескрипционной логике). В целом, **теория баз данных** представляет собой одно из наиболее значительных областей приложений существующих методов математической логики.

Современная **алгебра** связана со многими областями математики и ее приложениями. В настоящее время наиболее активно как в России, так и за рубежом развиваются такие разделы алгебры, как теория групп (как конечных, так и бесконечных), теория колец и алгебр, алгебраическая K-теория, теория категорий и гомологическая алгебра. Значительное внимание уделяется алгебрам Каца–Мууди, имеющим важные применения в математической физике. Различные задачи алгебры, особенно алгоритмической природы,

связаны с теорией моделей в логике. Еще одним из самых популярных направлений развития в современной алгебре является геометрическая теория групп. Также в последние годы развиваются асимптотические и вероятностные методы в теории групп и связи теории групп с теорией динамических систем. Несмотря на интенсивные исследования в этих областях, остаются открытыми многие вопросы. Важнейшая мировая тенденция в алгебре, К-теории и теории мотивов в последние годы связана с реализацией программы Воеводского по изменению всего ландшафта стабильной мотивной гомотопической теории. Эта междисциплинарная прорывная программа находится на стыке алгебраической геометрии, алгебраической топологии (как классической, так и современной) и комплексного анализа.

В модулярной **теории представлений** редутивных алгебраических групп диаграмматическая техника и чётные пучки позволили совершить решающий прорыв в вычислении характеров неприводимых и наклонных представлений. В программе Ленглендса для редутивных групп над глобальными и локальными функциональными полями построены Галуа-параметры для всех автоморфных представлений.

Исторически сложилось так, что в России всегда был очень сильно представлен такой раздел математики как **теория чисел**. Среди основных разделов можно выделить такие области как теория диофантовых уравнений, аналитическая теория чисел и алгебраическая теория чисел. Важными достижениями последнего времени является прогресс в таких трудных задачах теории чисел, как распределение нулей дзета-функции Римана, развитие программы Ленглендса и ее обобщений, применение эллиптических кривых к задачам криптографии. К важным достижениям последнего времени относится выявление глубинной связи между распределением простых чисел и дискретным спектром оператора Лапласа на фундаментальной области модулярной группы, развитие новых методов исследования распределения примитивных гиперболических элементов модулярной группы, исследование глубоких свойств делимости центральных биномиальных коэффициентов, существенные продвижения в исследованиях по гипотезе Зарембы, связанных с существованием разложений определенных рациональных чисел в цепные дроби с ограниченными коэффициентами, диофантовых неравенств с простыми числами, а также ряд новых результатов в комбинаторной теории чисел, связанных с оценками мультипликативной энергии подмножеств системы вычетов по простому модулю и с так называемым феноменом сумм произведений. 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**.

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-го 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. Существование подобных формул никогда раньше не предсказывалось специалистами по изучению дзета-функций. Ожидается, что данные формулы также должны иметь приложения к изучению дзета-функций при помощи многомерных аделей.

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. Все большие обороты набирает такое направление, как производная и некоммутативная алгебраическая геометрия, связанная с новыми подходами к алгебраическим

многообразиям через описание категорий пучков на них в терминах дифференциально-градуированных алгебр и модулей, а также  $A$ -бесконечность структур. Данный подход позволяет работать с многообразиями как с алгебраическими объектами и существенно расширяет само понятие алгебраического многообразия. Большие достижения в обоих выделенных направлениях были получены за последние годы сотрудниками отдела алгебраической геометрии МИАН. Однако и в классической алгебраической геометрии были получены прорывные результаты, позволившие по-новому взглянуть на данную область. Это целая отрасль математики, в развитие которой внесла огромный вклад отечественная школа бирациональной алгебраической геометрии.

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. Основные направления развития **симплектической геометрии** в России направлены на исследования лагранжевых подмногообразий алгебраических многообразий. Это вытекает из естественной идеи, подкрепленной общей философией Зеркальной симметрии: рассматривать каждое алгебраическое многообразие как многообразие симплектическое. Новые конструкции, предлагаемые в этом направлении, обобщают стандартные методы торической 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 и проективном пространствах. Здесь регулярно появляются новые конструкции и примеры, а недавно задача была расширена и на минимальные изотропные подмногообразия. 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.

В **комбинаторной геометрии** можно выделить ряд лидирующих перспективных направлений, в которых за последнее время получены существенные продвижения, в том числе с участием российских ученых. Это задачи о замощениях и упаковках, включая теорию фуллеренов, задачи равного деления мер, оценки хроматических чисел. Ряд ярких результатов получен в работах российских геометров о локальных комбинаторных формулах для характеристических классов. Многие из этих задач обусловлены нуждами компьютерных наук, химии, инженерии, а также других математических областей.

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 пограничные 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.

Основные тенденции последнего времени в развитии **классической топологии** связаны с изучением топологических и комбинаторных свойств функциональных пространств, гиперпространств и топологических групп. Наиболее популярное в последнее время направление в общей топологии состоит в изучении свойств топологических пространств методами теории селекционных принципов, теории

топологических игр и теории Рамсея. В **топологии малых размерностей** имеется ряд бурно развивающихся направлений. В недавнее время прорывные результаты были получены при изучении группы трехмерных голомогических кобордизмов. Также отметим растущую популярность торической топологии. В теории узлов и смежных областях заметные продвижения наблюдаются в изучении гомологий Флойра, лежандровых и трансверсальных узлов, контактных структур. 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.

Актуальные исследования в области **функционального анализа** проводились в тесной связи с другими областями математики, в том числе со стохастическим анализом, теорией обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений с частными производными, спектральной теорией операторов. Эти исследования в значительной степени стимулировались конкретными задачами математической физики. Нужно отметить появление большого числа работ, относящихся к развитию теории функциональных пространств типа Соболева (пространств Бесова, Никольского–Бесова, пространств Морри), а также к развитию теории интерполяции этих пространств. Если классическая теория имеет дело с постоянными показателями гладкости и суммируемости, то сейчас интенсивно развивается теория пространств с переменными показателями. Без пространства типа Соболева и пространства мер невозможно обойтись при изучении вопросов существования и гладкости решений конкретных уравнений. Значительный прогресс достигнут в изучении важного уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова.

В области **теории функций** и **теории приближений** продолжают интенсивно изучаться свойства классических и современных систем представления и приближения функций, таких как алгебраические, тригонометрические и ортогональные полиномы и ряды, всплески, сплайны, рациональные дроби, орторекурсивные и другие разложения 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. Развитие теории приближений вызвано, в том числе, ее важнейшими приложениями к проблемам биологии, медицины, физики, информационных технологий. Задачи в этих областях формулируются в пространствах очень большой размерности. Актуальной является разработка методов приближения, независимых или слабо зависящих от размерности задачи. Приложением является проблема экономного хранения большого массива данных, в которой имеются прорывные результаты.

В области **комплексного анализа** активно развиваются направления, связанные с проблемами алгебраической и дифференциальной геометрии. Новые результаты в задачах конструктивной аппроксимации аналитических функций были получены с помощью теории абелевых дифференциалов на римановых поверхностях. Ряд исследований мотивирован задачами математической физики, в частности, развитием 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**. Основные достижения здесь основаны на развитии принципа максимума Л.С. Понтрягина и его современных модификаций для

построения оптимальных траекторий в задачах управления, в том числе с фазовыми и интегральными ограничениями, со специальными ограничениями на динамику, управление и параметры запаздывания; а также в задачах управления на бесконечном временном горизонте в приложении к теории устойчивости и моделям экономического роста. Важное место в математической теории управления занимают задачи оптимального управления при дефиците информации, обусловленные наличием в динамических системах различного рода помех, антагонистических и неантагонистических неопределенных факторов. Разрабатываемые алгоритмы поиска оптимальных стратегий управления реализуются в программных комплексах для высокопроизводительной компьютерной техники и применяются для построения решений и математического моделирования в прикладных задачах.

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.

Использование самых разнообразных математических моделей – одна из особенностей современной **математической физики**. В этой области применяется практически весь спектр математических методов, а возникающие здесь задачи зачастую занимают центральное место в математике. Отметим, например, бурное развитие теории квантования (геометрического и деформационного), исследование поведения решений нелинейных физических моделей, изучение задач теории поля и особенностей решений уравнений теории гравитации, проблемы массы в теориях Янга-Миллса, описание поведений решений классических и квантовых эволюционных систем при больших временах. В последние десятилетия прогресс математической физики привел к возникновению ряда новых математических теорий.

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 уклонов, 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, а также 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 применение методологии искусственного интеллекта.

Успешное развитие суперкомпьютерных технологий – важный фактор национальной безопасности Российской Федерации – не только покрывает потребности оборонных отраслей, но является также необходимым компонентом вхождения страны в шестой технологический этап.

С 2012 г. по 2022 г. пиковая производительность самой мощной вычислительной системы увеличилась в 84 раза с 20 Пфлопс (система Sequoia, США) до 1 686 Пфлопс (система Frontier, США). Суммарная пиковая производительность суперкомпьютеров в рейтинге Top500 за это же время возросла в 40 раз. На регулярное обновление высокопроизводительной вычислительной техники в суперкомпьютерных центрах США, КНР, Японии и Евросоюза выделяются средства по государственным программам. Китай планирует в 2023 году ввести в эксплуатацию экзафлопсные вычислительные системы Sugon Exascale, Sunway Exascale, Tianhe-3. Предполагается использование разных типов процессоров, в том числе их собственной разработки.

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 грид технологий, в том числе алгоритмов, математического обеспечения и моделей для систем с экстремальным 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 сбой 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. Самый мощный отечественный суперкомпьютер в сфере науки и образования «Ломоносов-2» (МГУ им. М.В. Ломоносова) обладает быстродействием около 5 Пфлопс. 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 Топ-500 за ноябрь 2022 года семью системами. Таким образом, Россия занимает 9-е место с показателем 1,7% от суммарной пиковой производительности списка, уступая ведущим мировым державам – США, Японии, КНР, Германии, Франции, Финляндии, Южной Корее и Италии.

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.

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 труднорешаемых задач комбинаторной оптимизации: классической и обобщенной задач коммивояжера, задачи оптимальной маршрутизации, задачи о минимальной системе представителей 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 известнейших открытых проблем современной дискретной математики - гипотезы о взаимоотношении классов P и NP. Практическая значимость развиваемых алгоритмических подходов обуславливается тем, что перечисленные экстремальные задачи являются адекватными математическими моделями реальных процессов управления производством, транспортом, роботизированными и беспилотными устройствами, процедур машинного обучения, многослойных нейронных сетей 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 ИТ-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 технологии, 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, глубокая верификация программ) 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 развернуты работы по созданию унифицированных операционных систем реального времени для различных аппаратов аэрокосмической техники (совместно с ГосНИИАС и Роскосмосом).

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.

Прорыв, происходящий на наших глазах, связан с гомогенизацией моделей. Данные любой природы, будь то изображения, тексты, сигналы, речь или транзакции, могут быть погружены в единое семантическое векторное пространство. Любой объект, о котором есть какие-либо данные, раскладывается на элементарные смыслы, выражаемые на естественном языке.

Еще одной точкой роста является развитие методов автоматического машинного обучения (AutoML). Раньше эксперименты по оцениванию и подбору моделей в системах ИИ выполнялись исследователями и инженерами вручную. Теперь и этот этап полностью автоматизирован. Видна общая тенденция развития технологий ИИ. В конце 90-х годов несколько ведущих мировых компаний предложили межотраслевой стандарт CRISP-DM для решения задач интеллектуального анализа данных. Теперь мы говорим о единой бесшовной автоматизации этапов векторизации, моделирования и оценивания. В дальнейшем всё более полная автоматизация схемы CRISP-DM будет приводить к автономизации искусственного интеллекта. Разработчикам останется формировать потоки данных и задавать критерии оценивания моделей.

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. Возможности результативных междисциплинарных исследований на стыке ИИ и гуманитарных наук возникли буквально в последние годы благодаря нейросетевым моделям языка на основе семантической векторизации.

В последнее время получила понимание проблема защиты систем на базе ИИ, в частности, безопасности самих алгоритмов машинного обучения и наборов данных, на которых происходит обучение. Это привело к разворачиванию исследований в области методов оценки и способов обеспечения заданного уровня защищенности инфраструктурного слоя программных технологий ИИ.

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 РФ 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.

В целях осуществления прорывных исследований фундаментального характера в области математических и смежных наук в рамках национального проекта «Наука» 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- 2022 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 практически во всех федеральных округах Российской Федерации.

## Важнейшие достижения

### 1. Алгебры рефлексии для предикативных расширений арифметики Пеано

Работа относится к исследованию оснований математики: классификации систем аксиом, необходимых для формального построения математических теорий. Идеи алгебраического подхода к такой классификации возникли в начале 2000-х годов. В их основе лежат далеко идущие обобщения известных теорем Гёделя о неполноте. Ключевую роль играют алгебраические структуры, возникающие на множествах высказываний того или иного формального языка. Однако применение таких методов до сих пор ограничивалось относительно слабыми системами аксиом арифметики натуральных чисел. В данной работе эти методы распространены на существенно более широкий класс аксиоматических теорий, в которых, в том числе, могут быть доказаны основные теоремы математического анализа (так называемые предикативные теории, характеризуемые эффективными вполне упорядоченными структурами, не превосходящими границы, известной как ординал Фефермана-Шютте  $\Gamma_0$ ). (Рис. 1)

(МИАН; авторы: д.ф.-м.н., академик РАН Беклемишев Л.Д., к.ф.-м.н. Пахомов Ф.Н.)

*Сведения о публикациях:*

Lev D. Beklemishev, Fedor N. Pakhomov, “Reflection algebras and conservation results for theories of iterated truth”, Ann. Pure Appl. Logic, 173:5 (2022), 103093, 41 pp.

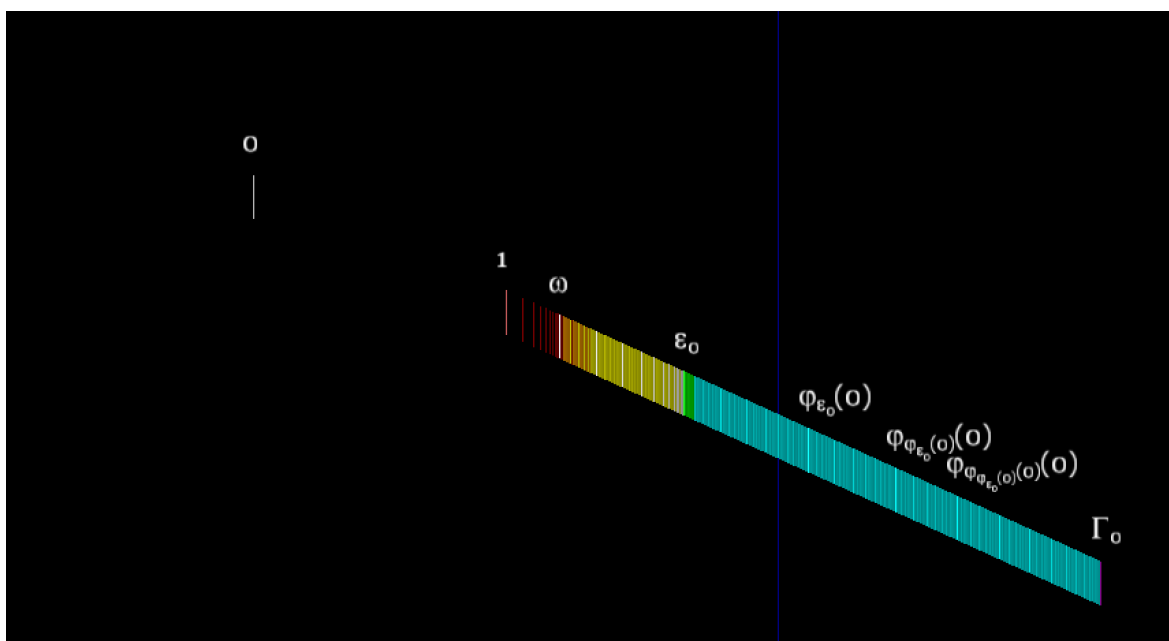


Рис. 1. Визуализация ординалов предикативных теорий

### 2. Разделение энцефалограммы на сигнал от мозга и физиологический шум, идентификация его источников

Разработан новый метод реконструкции электрической функциональной структуры тела человека по данным неинвазивных магнитных измерений. С помощью суперкомпьютеров вычисляется



пространственное распределение элементарных источников в различных органах и тканях, что открывает новые возможности для диагностики. Впервые получено разделение полной магнитной энцефалограммы на сигнал, производимый мозгом, и шум, производимый физиологическими источниками вне мозга, выполнена идентификация этих источников (Рис. 2). (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, авторы: д.ф.-м.н. Устинин М.Н., к.ф.-м.н. Рыкунов С.Д., Бойко А.И.)

*Сведения о публикациях:*

Llinás R.R., Rykunov S.D., Walton K.D., Boyko A.I., Ustinin M.N. Splitting of the magnetic encephalogram into «brain» and «non-brain» physiological signals based on the joint analysis of frequency-pattern functional tomograms and magnetic resonance images // *Frontiers in Neural Circuits*. 2022. 16:834434. doi: 10.3389/fncir.2022.834434

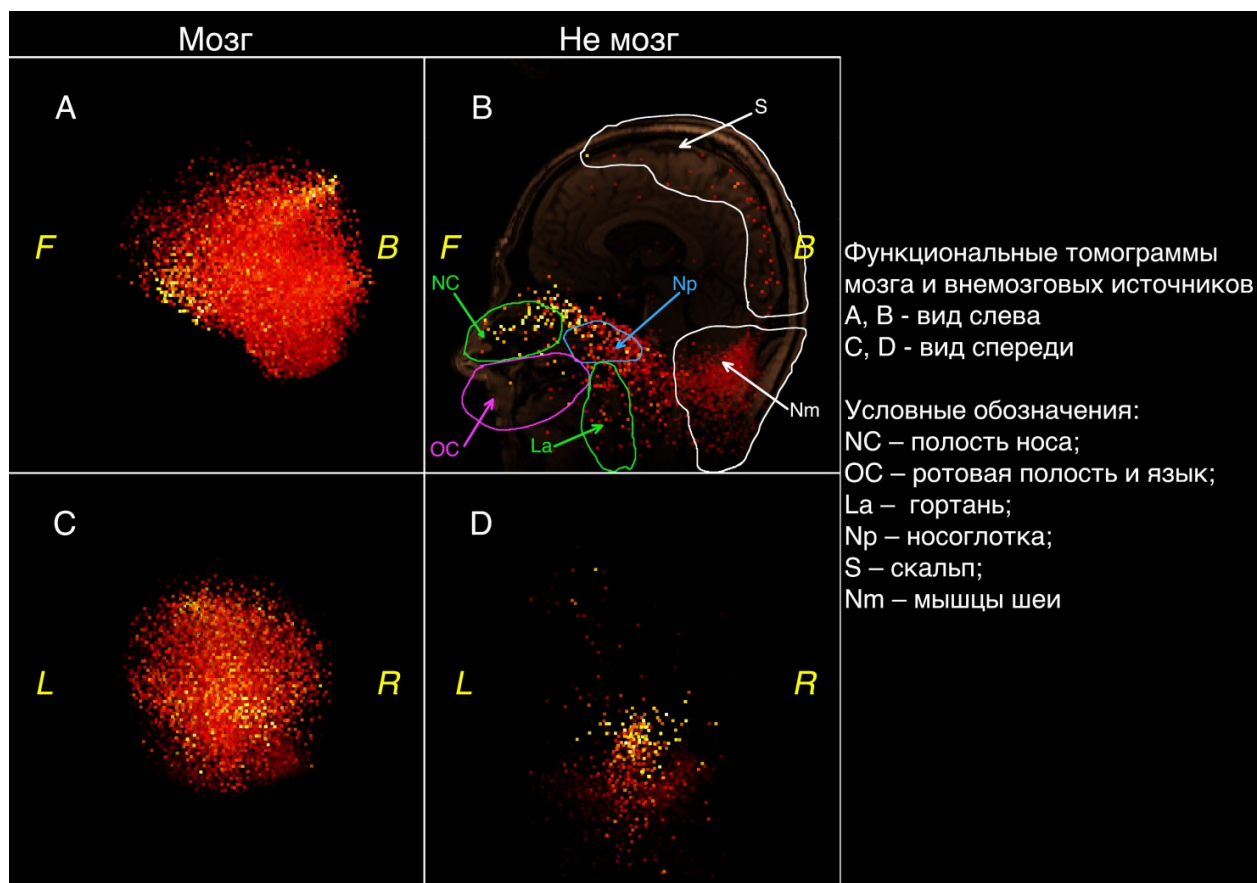


Рис. 2. Функциональные томограммы мозга и внемозговых источников.

### 3. Система прогнозирования климатических аномалий на срок от 1 до 5 лет

На основе модели климата ИВМ РАН создана первая в России система прогнозирования аномалий климата на срок от 1 до 5 лет. Система учитывает как начальное состояние атмосферы, океана, криосферы и почвы, так и изменение внешних воздействий на климатическую систему. Тестирование системы показало адекватное воспроизведение аномалий 1980-2021гг., по качеству сопоставимое с зарубежными аналогами (Рис. 3). Система создана для оперативного ежегодного формирования прогнозов на срок от 1 до 5 лет для использования в Гидрометцентре РФ. (ИВМ РАН, авторы: Воробьева В.В., д.ф.-м.н. Володин Е.М., д.ф.-м.н. Грицун А.С., Тарасевич М.А.)

*Сведения о публикациях:*

Воробьева В.В., Володин Е.М., Грицун А.С., Тарасевич М.А. Ретроспективный прогноз состояния Земной системы на срок до 5 лет с помощью модели климата INMCM5 // *Метеорология и гидрология*, 2023.

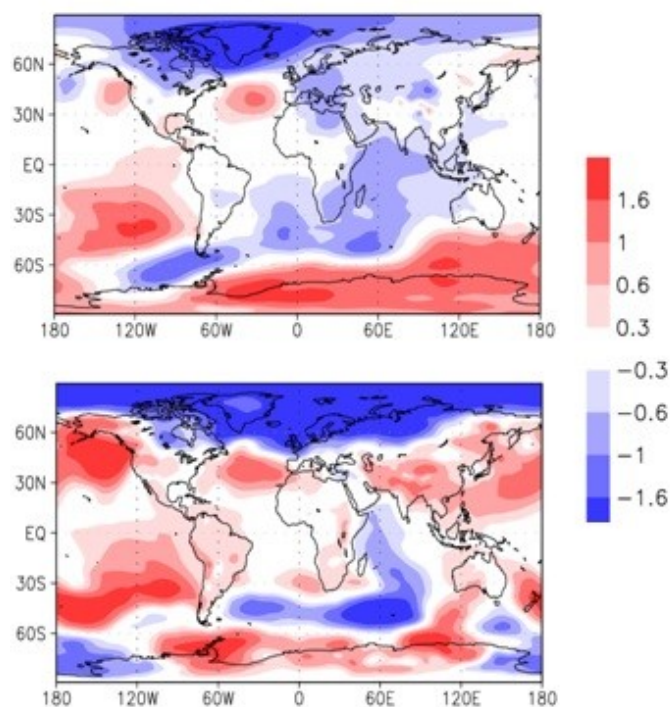


Рис. 3. Аномалии давления на уровне моря (гПа) в 2020г. по отношению к среднему за 1980-2014г. по данным прогностической системы при старте с 1 ноября 2019г. (вверху) и по данным наблюдений (внизу). Коэффициент пространственной корреляции между этими полями равен 0.57.

#### 4. Комплекс методов моделирования и верификации средств защиты информации в облачных средах

Разработаны фундаментальные методы и программные инструменты для моделирования и верификации средств защиты информации в облачных средах. Результаты обеспечивают противодействие полному спектру киберугроз на стадиях хранения, передачи и обработки информации в распределенных системах, включая web-сервисы, центры обработки данных и сервисы облачных вычислений. Разработаны алгоритмы обеспечения кибербезопасности, базирующиеся на таких новейших технологиях, как гомоморфное шифрование, глубокая верификация и верификация криптографических протоколов передачи информации (Рис. 4). Созданные в области гомоморфного шифрования алгоритмы позволили на порядок увеличить скорость кодирования и декодирования, а также в 2-3 раза повысить процент обнаруживаемых и исправляемых ошибок. Синтетический метод верификации криптографических протоколов на два порядка сокращает размеры анализируемых структур, что критически важно для промышленных протоколов. Программные средства прошли апробацию в АО «Лаборатория Касперского», ГК «Astra Linux», ООО «Базальт СПО», ФАУ «ГосНИИАС». (ИСП РАН, комплекс разработан под руководством академика РАН А.И. Аветисяна)

*Сведения о публикациях:*

1. A. Tchernykh, R.M. Canosa-Reyes, J.M. Cortés-Mendoza, B. Pulido-Gaytan, R. Rivera-Rodriguez, J.E. Lozano-Rizk, E.R. Concepción-Morales, H.E. Castro Barrera, C.J. Barrios-Hernandez, F. Medrano-Jaimes, A. Avetisyan, M. Babenko, A.Yu. Drozdov. Dynamic performance-Energy tradeoff consolidation with contention-aware resource provisioning in containerized clouds. PLoS ONE. 2022. Vol. 17(1): e0261856.

2. N.V. Yevtushenko, V.V. Kuliain, N. Kushik. Evaluating the complexity of deriving adaptive S'-homing and S'-synchronizing sequences for nondeterministic FSMs. *Softw. Qual. J.* 30(1): 161-180 (2022).

3. L. Andrei Tchernykh, J. Cortés-Mendoza, M. Babenko, G. Radchenko, A. Avetisyan, A. Drozdov. Privacy-Preserving Neural Networks with Homomorphic Encryption: Challenges and Opportunities. *Special Issue on Advances in Privacy-Preserving Computing. Peer-to-Peer Networking and Applications.* Springer, 2021. DOI 10.1007/s12083-021-01076-8. Q1.

4. С.Е. Прокопьев. Формальный язык первичных спецификаций криптографических протоколов. «Труды ИСП РАН». 2021;33(5):117-136. DOI 10.15514/ISPRAS-2021-33(5)-7. RSCI K1.

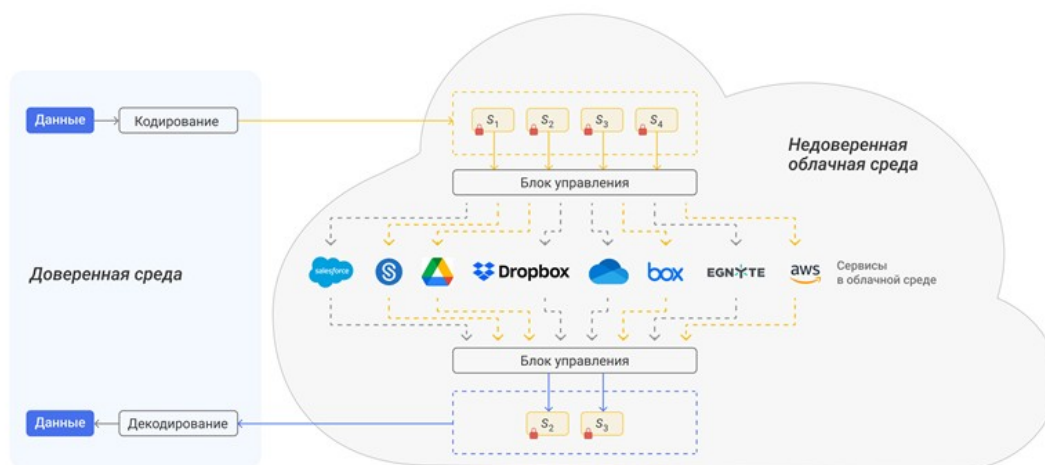


Рис. 4. Схема реализации обработки зашифрованных данных в недоверенной облачной среде при использовании гомоморфного шифрования.

## 5. Мультирежимная модель и алгоритмы сквозного счета зарождения, развития и ветвления усталостных квазитрещин

Предложена, развита и верифицирована мультирежимная двухкритериальная кинетическая модель развития повреждаемости при многоосном циклическом нагружении для описания процесса усталостного разрушения, связанного с развитием микротрещин нормального отрыва и сдвига.

Разработан единообразный численный метод сквозного счета развития трещиноподобных зон повреждаемости и усталостного разрушения («квазитрещин») в различных режимах циклического нагружения (многоцикловая, гигацикловая усталость).

Результаты математического моделирования высокочастотных усталостных испытаний на кручение образцов из титанового сплава приведены на Рис. 5. Удалось воспроизвести экспериментально наблюдаемый эффект смены типа зародившейся квазитрещины при изломе или ветвлении траектории ее развития (Z- и X-образные квазитрещины).

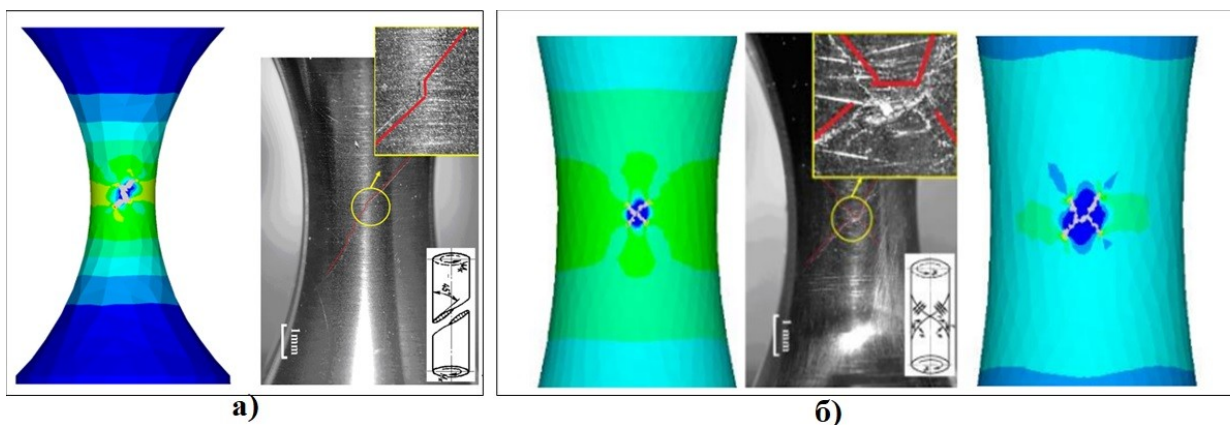


Рис. 5. Результаты численного моделирования развития усталостной трещины : а) - при поверхностном зарождении (Z-трещина), б) - при подповерхностном зарождении (X-трещина)

Также промоделированы процессы зарождения и развития усталостных квазитрещин в процессе эксплуатации ответственного элемента компрессора газотурбинного двигателя - диска с лопаткой под действием центробежных и аэродинамических нагрузок.

Результаты расчета комбинированного нагружения в процессе высокочастотных крутильных колебаний лопаток (зарождение квазитрещины) и полетных циклов нагружения (ее развитие) показаны на Рис. 6 и дают реалистичные оценки долговечности эксплуатации реальных элементов авиационных конструкций. (ИАП РАН; авторы д.ф.-м.н. И.С. Никитин, к.т.н. А.Д. Никитин)

*Сведения о публикациях:*

Nikitin I.S., Nikitin A.D. Multi regime model and numerical algorithm for calculations on various types quasi crack developing under cyclic loading// Computer Research and Modeling. 2022. Vol. 14. No. 4. Pp. 871–883.

Shanyavskiy A.A., Nikitin I.S., Nikitin A.D. The in-service fatigue fracture mechanisms for the I-stage low-pressure compressor disk of the aircraft engine D30KU-154// Fatigue Fracture Eng Mater Struct. 2023. Vol. 46. No 2. Pp. 728-741. WoS Q1

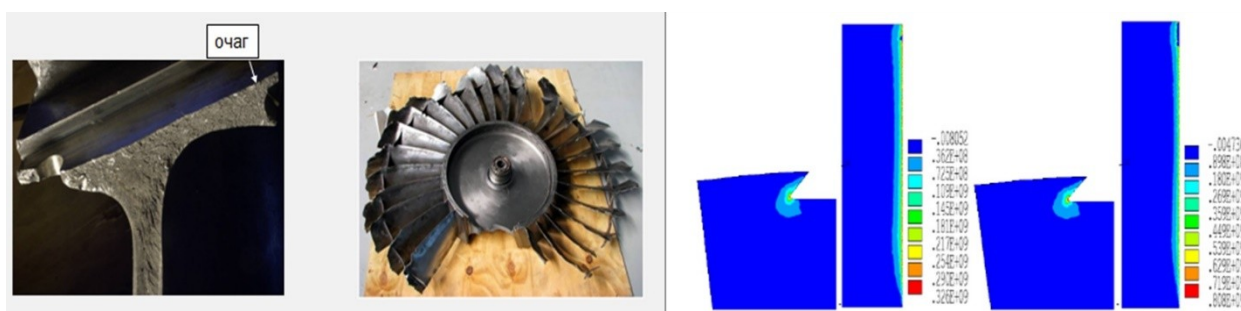


Рис. 6. Разрушение диска компрессора в эксплуатации и математическое моделирование зарождения квазитрещины и ее выхода на наблюдаемую поверхность.

## 6. Как выглядит случайная многокомпонентная кривая на поверхности с большим числом ручек?

Мариам Мирзахани, лауреат премии Филдса 2014 года, поставила вопрос: Как выглядит случайная многокомпонентная кривая (мультикривая) на поверхности с большим числом ручек? (Рис. 7)

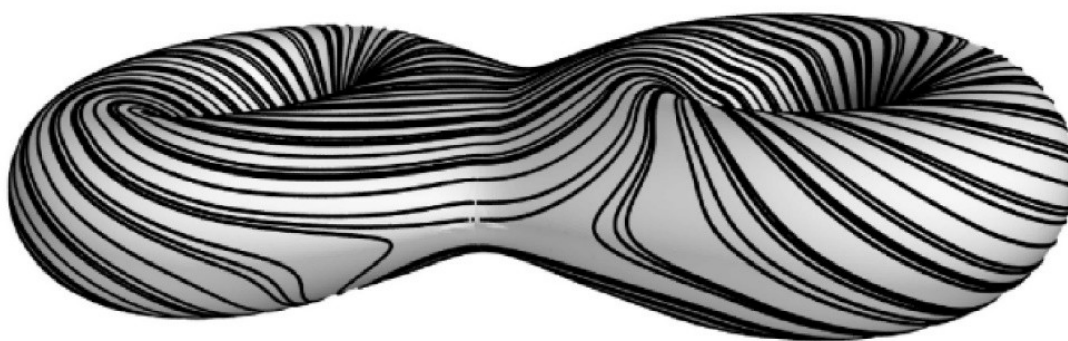
Другими словами, случайным образом нарисуем на поверхности с  $g$  ручками  $n$  замкнутых кривых, которые не пересекают сами себя и не пересекаются друг с другом. Какова вероятность того, что эта случайная конфигурация кривых на поверхности будет совпадать с заранее заданной?

Исчерпывающий ответ на этот вопрос получен в статье [1]. В частности, там показано, что

примитивные компоненты случайной мультикривой на поверхности с большим числом ручек  $g$  реализуют линейно независимые классы гомологий с асимптотической вероятностью 1, а их кратности все равны 1 с асимптотической вероятностью  $\sqrt{2}/2$ . Кроме того, доказано, что число компонент случайной мультикривой очень хорошо приближается числом циклов случайной перестановки относительно некоторой явной неоднородной меры на симметрической группе из  $3g-3$  элементов. (ПОМИ им. В.А. Стеклова РАН; автор д.ф.-м.н. Зограф П.Г.)

*Сведения о публикациях:*

[1]. V. Delecroix, E. Goujard, P. Zograf, A. Zorich, Large genus asymptotic geometry of random square-tiled surfaces and of random multicurves, *Invent. Math.* 230, 123–224 (2022) <https://doi.org/10.1007/s00222-022-01123-y>



© D. Calegari

Рис. 7. Мультикривая на поверхности с двумя ручками.

#### **7. Дистанционно регулярные антиподальные накрытия полных графов и связанные с ними ассоциативные схемы**

Задачи классификации ассоциативных схем со свойствами метричности и шуровости занимают центральное место в алгебраической комбинаторике и интенсивно изучаются в последние несколько десятилетий. Особое значение имеют метрические схемы, эквивалентные дистанционно регулярным антиподальным накрытиям полных графов. С одной стороны, с помощью таких накрытий выразима структура многих важных алгебраических, геометрических и комбинаторных объектов, с другой — их конструкции находят приложения в фундаментальных вопросах дискретной геометрии и квантовой теории информации. Представляемый результат состоит в том, что удалось дать описание полутранзитивных накрытий, применение которого в общей задаче классификации реберно-транзитивных накрытий позволило: 1) полностью решить задачу в почти простом случае для индуцируемой на антиподальных классах 2-однородной группы, 2) в аффинном случае — свести к небольшому числу локальных подслучаев. Также исследован сопутствующий вопрос о том, как устроены шуровы ассоциативные схемы, у которых граф некоторого базисного отношения является накрытием полного графа. Была разработана новая техника исследования подобных схем. С ее помощью получена обобщенная конструкция реберно-транзитивных накрытий в почти простом случае, которая дает унифицированное описание бесконечных семейств реберно-транзитивных накрытий из шести основных известных конструкций; обнаружены новые бесконечные семейства реберно-транзитивных графов, допускающих разбиение множества вершин на совершенные 1-коды; найдены бесконечные семейства графов смежных классов и графов  $\pi$ -локального слияния ряда простых групп лиева типа, принадлежащие классу графов делимых дизайнов (Рис. 8). (ИММ УрО РАН;

автор д.ф.-м.н. Циовкина Л.Ю.)

*Сведения о публикациях:*

L. Yu. Tsiovkina, "Covers of complete graphs and related association schemes", Journal of Combinatorial Theory Series A. Vol. 191 C (2022), art. No. 105646 (33 pages). DOI: 10.1016/j.jcta.2022.10564

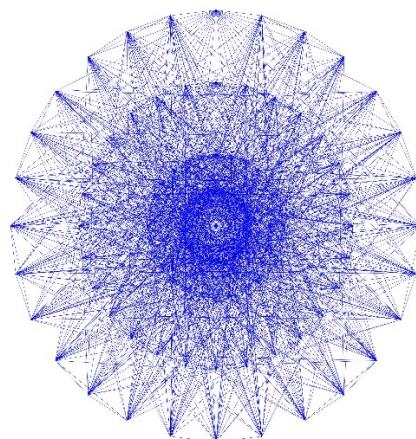


Рис. 8. Единственное реберно-транзитивное дистанционно регулярное антиподальное 4-накрытие графа  $K_{28}$  с параметром  $\mu=8$  (изоморфно графу коллинеарности унитарного обобщенного четырехугольника  $GQ(3,9)$  с удаленным цик-лическим спредом, дает равноугольный жесткий фрейм (размера 28) в  $\mathbf{R}^7$ )

#### 8. Эллиптические кривые и эллиптические поля с периодическими элементами

Эллиптические кривые традиционно играют очень важную роль в математике. В 2017 году В.П. Платоновым была поставлена проблема о классификации над полями алгебраических чисел эллиптических кривых, построенных по кубическому многочлену  $f$ , для которых поле рациональных функций обладает периодическим разложением  $\sqrt{f}$  в непрерывную дробь. С одной стороны, эта фундаментальная и сложная проблема берет начало от классических работ Абеля и Чебышёва 19 века, с другой стороны, результаты по ее исследованию в основном принадлежат 21 веку. В работе [1] эта проблема была полностью решена над алгебраическими числовыми полями  $K$  степени не выше 3. Совершенно удивителен результат, что, несмотря на то, что таких числовых полей бесконечно много, множество неэквивалентных нетривиальных многочленов  $f$ , задающих эллиптическую кривую и обладающих периодическим разложением квадратного корня в функциональную непрерывную дробь в поле  $K((x))$ , конечно и исчерпывается 7 многочленами, описанными в работе. А для всех квадратичных расширений (множество которых бесконечно), к трем многочленам, определенным над полем рациональных чисел, добавляется всего один, с коэффициентами в поле  $Q(\sqrt{21})$  (Рис. 9). (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН; авторы д.ф.-м.н., академик РАН Платонов В.П., к.ф.-м.н. Жгун В.С., к.ф.-м.н. Петрунин М.М.)

*Сведения о публикациях:*

[1] В.П. Платонов, В.С. Жгун, М.М. Петрунин «О проблеме периодичности разложений в непрерывную дробь  $\sqrt{f}$  для кубических многочленов  $f$  над полями алгебраических чисел», Математический сборник, 213:3, 2022, с. 139-170. DOI: <https://doi.org/10.4213/sm9578>.

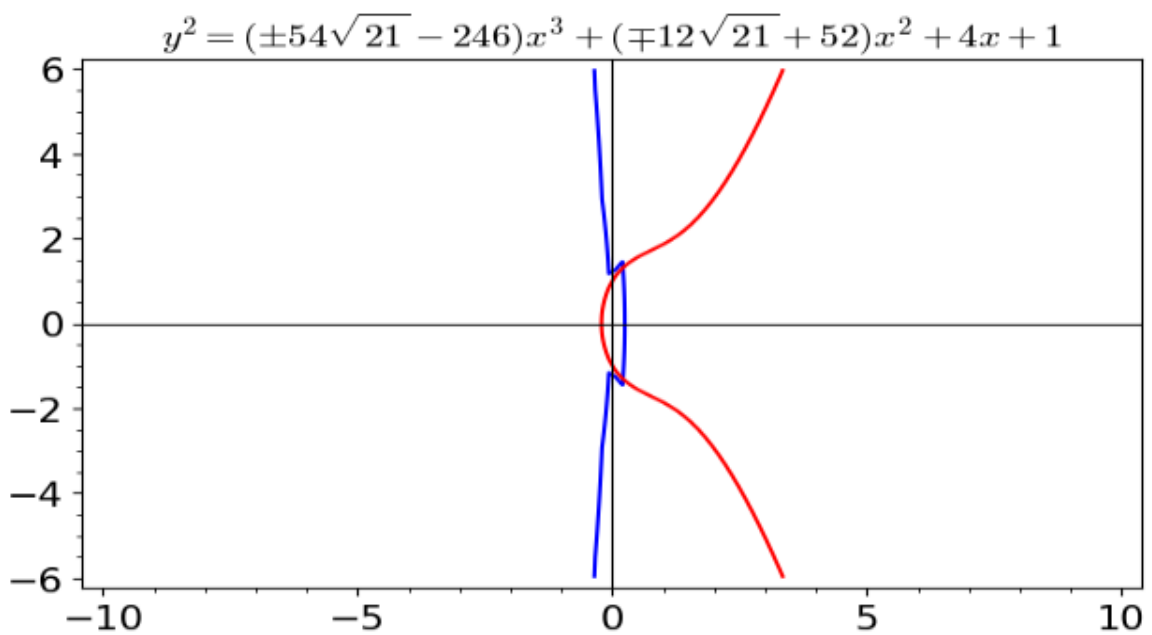


Рис. 9. Эллиптическая кривая, заданная многочленом  $f$  с коэффициентами в поле  $\mathbb{Q}(\sqrt{21})$ ,

### 9. Метод расширения признакового пространства в задачах нейросетевого прогнозирования с использованием характеристик смешанных вероятностных моделей

Во многих областях (финансы, физика плазмы, климатология и др.) процессы успешно моделируются с использованием стохастических дифференциальных уравнений и возникающих при их решении смешанных вероятностных распределений. В рамках исследования предложен принципиально новый подход к формированию расширенного признакового пространства в задачах обучения нейронных сетей [1] на основе параметров указанных моделей – от моментных характеристик [1] до введенных автором компонент локальной непрерывности [2], определяемых в режиме скользящего окна. Предложенный метод успешно использован при прогнозировании экспериментальных рядов турбулентной плазмы, полученных на стеллараторе Л-2М (Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН), и данных о потоках тепла между океаном и атмосферой (Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН) [1, 3]. Средняя точность при расширении признакового пространства характеристиками математических моделей для кратко- и среднесрочных прогнозов возросла на 15.94% и 11.88%, соответственно (Рис. 10). Эти же принципы позволили разработать эффективную автоматизированную торговую стратегию [2] на основе ансамблевой рекуррентной LSTM-сети, доходность которой на 23.3%–32.2% превышает значения для известных решений. Таким образом, данный метод является достаточно универсальным, что открывает новые перспективы для его развития и применения в различных прикладных исследованиях. (ФИЦ ИУ РАН; автор: д.ф.-м.н. Горшенин А.К.)

*Сведения о публикациях:*

[1] Gorshenin A.K., Kuzmin V.Yu. Statistical Feature Construction for Forecasting Accuracy Increase and its Applications in Neural Network Based Analysis // Mathematics, 2022. Vol. 10. Iss. 4. Art. No. 589. <https://doi.org/10.3390/math10040589>

[2] Gorshenin A.K., Vilyaev A.L. Finite Normal Mixture Models for the Ensemble Learning of Recurrent Neural Networks with Applications to Currency Pairs // Pattern Recognition and Image Analysis, 2022. Vol. 32. No.

[3] Горшенин А.К., Кузьмин В.Ю. Программный пакет анализа эффективности моделей расширения признакового пространства смешанными распределениями в методах машинного обучения. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022664764 от 04.08.2022.

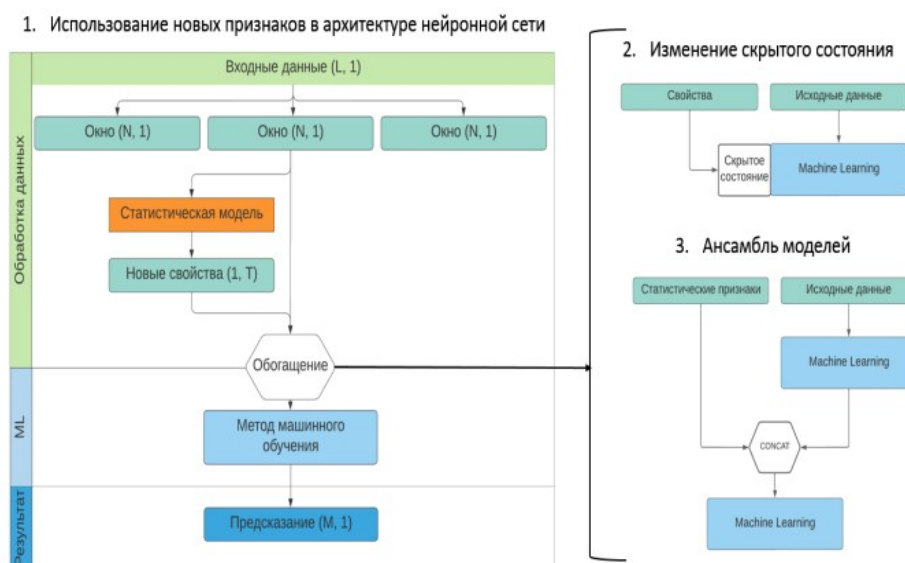


Рис. 10. Расширение признакового пространства с помощью математических моделей для повышения точности прогнозирования неоднородных данных.

### 10. Математическое моделирование процесса распространения затопленной нагретой струи внутри замкнутой полости, заполненной холодной жидкостью

На основе уравнения Навье-Стокса с учетом силы плавучести и теплопереноса в среде выполнено математическое моделирование нестационарного процесса распространения затопленной нагретой струи внутри замкнутой полости, заполненной холодной жидкостью (Рис. 11). Феноменологические параметры модели были определены на основе сопоставления с данными экспериментального исследования [1, 2]. Численное моделирование данного процесса позволило анализировать явления, связанные с схлопыванием паровых пузырьков при кипении жидкости на торце лазерного нагревателя, а также пространственный перенос тепла до границы области при различной мощности лазерного излучения. Полученный результат использован для обоснования хирургического лечения сосудистых аномалий [3]. (ИПМ ДВО РАН, Гузев М.А., Чудновский В.М., Терешко Д.А., Мокрин С.Н., Кулик А.В.; ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Абушкин И.А.)

Сведения о публикациях:

[1]. С.Н. Мокрин, М.А. Гузев, Д.А. Терешко, А.В. Кулик, С.С. Минаев, И.А. Абушкин, В.М. Чудновский. Селективный лазерный нагрев оболочек замкнутых полостей, заполненных жидкостью. Доклады РАН. Физика, технические науки. 2022. Т. 507. С. 68-72.

[2]. А.В. Кулик, С.Н. Мокрин, А.М. Краевский, С.С. Минаев, М.А. Гузев, В.М. Чудновский. Особенности динамики струйного потока, генерируемого при поверхностном кипении жидкости на лазерном нагревателе. Письма в ЖТФ. 2022. Том 48, вып. 2. С. 20-23.

[3]. И.А. Абушкин, В.М. Чудновский, М.А. Гузев, Ю.А. Поляев, Р.В. Гарбузов. Лазерная внутритканевая термотерапия в хирургическом лечении сосудистых аномалий. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2022. Том 174, № 9. С. 396-400.



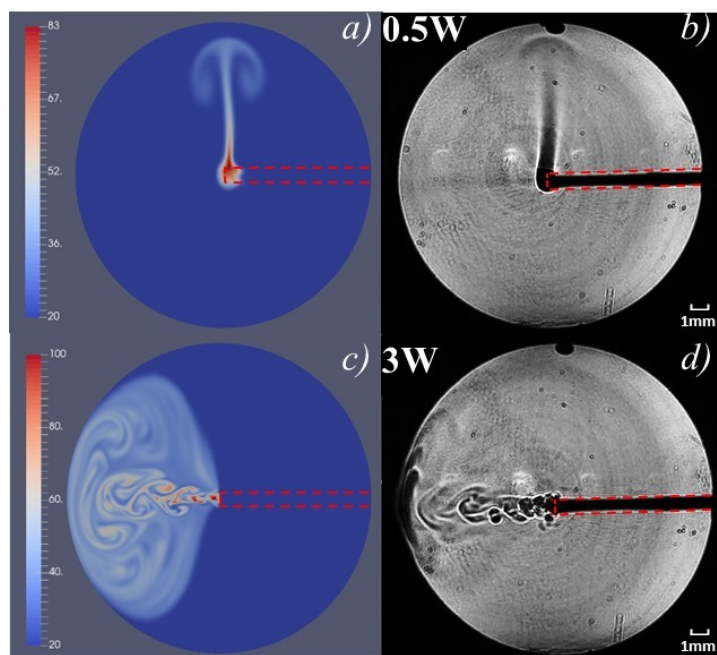


Рис. 11. Распределение температуры, полученное численным моделированием (слева) и соответствующие экспериментальные теневые изображения (справа). а) Рассчитанное поле температур в случае свободной конвекции, б) теневое изображение, полученное из эксперимента при мощности лазерного излучения 0.5W, с) поле температур, рассчитанное в случае генерации микроструй в режиме пузырькового кипения, д) теневое изображение, полученное из эксперимента при мощности лазерного излучения 3W. Контур оптоволоконна выделен красной прерывистой линией.

# Физические науки

## Состояние и прогноз развития фундаментальных и прикладных наук в рамках направлений

### Отделения физических наук РАН

Большинство революционных технологий, лежащих в основе современной цивилизации, были созданы на основе знаний о закономерностях Природы в нашей Вселенной, полученных, в основном, в результате фундаментальных физических исследований. Основной движущей силой и мотивацией фундаментальной науки является человеческое любопытство, а важные практические применения возникают как приятное следствие. В этом смысле, ценность результатов фундаментальных физических исследований следует оценивать по их новизне и степени влияния на наше знание и понимание законов Природы, а не по числу опубликованных статей или ближайших перспективах практических применений. В то же время, перспективы практических применений также должно оказывать заметное влияние на направления фундаментальных научных исследований. Следует найти оптимальную модель взаимодействия двух процессов – фундаментальных исследований, когда основным продуктом является новое знание, а технологии побочны, и развития производства, когда технологии – обязательный продукт. Фундаментальная и прикладная наука – две составляющие единого целого, но выстроить между ними оптимальную взаимосвязь – одна из важных современных задач в области организации науки.

Сейчас в области физических наук по-прежнему происходят важные события, расширяющие и углубляющие наши знания о Природе. Пожалуй, наиболее фундаментальные междисциплинарные достижения наблюдаются в области нашего понимания фундаментальных свойств материи и Вселенной и в области углубления нашего понимания квантовой механики. Наиболее интересные и глобальные проблемы поставила космология и астрофизика: это проблемы темной материи и барионной асимметрии. Ниже перечислены основные события и тенденции 2022 года по разным отраслям физики:

#### **ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Продолжаются исследования веществ в **мультимегабарном диапазоне** и исследования **металлизации** веществ, получение гидридов с высокотемпературной (комнатной) сверхпроводимостью, получение новых соединений (“новая” химия).

Доступность технологий нанофабрикации (создания всевозможных нано-гетероструктур из почти любых материалов), возникшая в результате бурного развития технологий нано-электроники, стимулировала создание и исследования разнообразных нано-структур, демонстрирующих новые интересные физические эффекты, в том числе и перспективные для различных практических применений. Быстро растет число работ в области создания и исследования **нано-фотонных квантовых устройств** и «чипов», а также в области **нано-плазмоники, экситонной поляритоники в микрорезонаторных системах**, различных структур проявляющих новые **электронные квантомеханические эффекты**.

В частности, использование **нано-фабрикации** дает возможность создавать аналоги различных радио- и микроволновых устройств для оптического диапазона (таких как антенные решетки и активно фазируемые антенные решетки, волноводы, ответвители, активные и пассивные металлические и диэлектрические резонаторы, невзаимные элементы и т.д.). Это приведет к бурному развитию различных нано-фотонных интегральных устройств на чипах. Например, использование локального усиления электромагнитного поля при плазмонном резонансе для регистрации спектров люминесценции или Рамановского рассеяния света с очень высоким пространственным разрешением позволит создавать

дешевые чипы для биосенсоров, секвенирования ДНК и т.д. Интенсивно ведутся исследования, направленные на создание **нано-фотонных чипов** для интегральных устройств квантовой криптографии, фотонных и оптоэлектронных компьютеров, малогабаритных часов и сенсоров на оптически охлажденных атомах и т.д.

Остаются актуальными **нетривиальные сверхпроводимость, сверхтекучесть и магнетизм** в различных твердотельных системах. В частности, будет продолжен поиск и исследования Бозе-конденсации различных бозонных возбуждений в твердотельных структурах.

По-прежнему интересны исследования различных **эффектов близости** в искусственно изготавливаемых твердотельных наноструктурах (эффекты основаны на проникновении и перекрытии волновых функций электронов между тонкими слоями в нано-гетероструктурах). Интересны электронные и спиновые эффекты в низко-симметричных системах с сильным **спин-орбитальным** взаимодействием, **корреляционные явления**, нетривиальные фазовые переходы, прыжковый транспорт, электронные свойства кристаллов с некоторыми нетривиальными **дефектами и примесями** и т.д. Большой интерес вызывают эффекты, связанные со спин-орбитальным взаимодействием. Это и различные топологические изоляторы и полуметаллы, и спин-орбитальные моттовские изоляторы, и различные соединения, которые потенциально могут быть использованы в антиферромагнитной спинтронике и т.д.

Большое практическое значение имеют проводимые сейчас исследования в области создания новых полупроводниковых материалов и структур и инженерии дефектов в них. Это касается, прежде всего, материалов и структур для солнечных элементов, оптоэлектроники и мощной силовой полупроводниковой электроники. В частности, начиная с 2015г. 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. Кроме того, он очень перспективен для силовой электроники, в частности для МОП-транзисторов с рабочим напряжением свыше 1000 вольт.

Значительных успехов удалось достичь в области развития физического материаловедения и создания новых конструкционных материалов на основе как искусственных, так и естественных композитов.

## **ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА**

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 материя (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 – вопрос о существовании долгоживущих или даже стабильных сверхтяжелых ядер, то есть химических элементов с огромными номерами. 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, выяснение майорановской или дираковской природы нейтрино путем исследования процесса двойного бета-распада ядер, поиск новых «стерильных» нейтрино;

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

– **поиск частиц темной материи**, существующей во Вселенной, в прецизионных и низкофоновых экспериментах, на коллайдерах, в ускорительных экспериментах с фиксированной мишенью, в экспериментах по поиску стерильных нейтрино, в специализированных экспериментах по поиску легких слабовзаимодействующих 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, модернизация сильноточного линейного ускорителя протонов в Троицке, получение мегаваттной мощности в пучке, разработка проблем физики и техники ускорения заряженных частиц на основе новых методов, 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.

В дальнейшем:

- будут наращиваться эффективный объем и количество оптических модулей на глубоководном нейтринном телескопе Baikal-GVD, поднимется на новый уровень его международная интеграция в глобальную систему mulimessenger с регистрацией космических потоков нейтрино сверх-высоких энергий совместно с другими нейтринными телескопами (IceCUBE, KM3Net) и системами многоволновой астрономии, включая Г-телескоп TAIGA;

- продолжится и в ближайшем будущем, завершится создание коллайдера тяжелых ионов NICA и начнутся физические эксперименты на многоцелевом детекторе MPD и на детекторе для спиновой физики SPD в рамках большой международной коллаборации;

- начнутся подготовительные работы по созданию нового  $e+e-$  коллайдера с рекордной светимостью – супер чарм-тау фабрики;

- в активную фазу войдут эксперименты по синтезу сверхтяжелых элементов восьмого периода таблицы Менделеева на новом циклотроне DC-280;

- будут развернуты работы по модернизации сильноточного линейного ускорителя протонов в Троицке с достижением мегаваттной мощности в пучке протонов на экспериментальных мишенях.

## **ФИЗИКА ПЛАЗМЫ**

Для исследований в области физики плазмы характерен очень широкий круг значимых направлений: масштабные эксперименты на термоядерных установках, теоретическое исследование и лабораторное моделирование плазменных геофизических и астрофизических явлений, создание плазменных ускорителей заряженных частиц и нейтронных пучков, разработка плазменных технологий в области химии и в биомедицине.

В области УТС важные результаты получены в ФТИ им. А.Ф.Иоффе на модернизированном сферическом токамаке «Глобус-М2». При инжекции в плазму интенсивных нейтральных атомарных пучков достигнут субтермоядерный уровень температуры 4 кэВ, рекордный для исследуемых в мире компактных сферических токамаков. В ИЯФ им. Г.И. Будкера на основе ранее проведенных экспериментов в открытых ловушках аргументирована перспективность создания компактных термоядерных установок с линейной осе-симметричной конфигурацией магнитного поля и завершена разработка новых средств оптической и корпускулярной диагностики плазмы.

Термоядерную направленность также имеют эксперименты по электромагнитному сжатию тонких металлических оболочек импульсами тока с высокой скоростью нарастания, в которых достигнуто 20-кратное радиальное сжатие оболочки с финальными плотностью плазмы внутри, в 5 раз превышающей твердотельную плотность, и температурой 175 эВ.

В области плазменной геофизики выполнены уникальные эксперименты по натурному моделированию главной стадии длинной грозовой молнии. Их результаты находятся в хорошем согласии с

разработанными ранее физической и численной моделями (ИПФ РАН, ОИВТ РАН, НИЯФ МГУ, ВНИИТФ).

Ведутся исследования, направленные на разработку новых плазмо-химических технологий, использующих СВЧ-разряд (ИПФ РАН, ИОФ РАН, Томский политехнический университет), включая создание источников чистого водорода на основе пиролиза природного газа.

### **ОПТИКА И ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА**

Фотоника находится в фокусе интересов многих научных групп, так как ее прикладное использование расширяет инновационные возможности создаваемых высокотехнологических продуктов: научных приборов, спутниковой навигации, гравиметрии, устройств телекоммуникаций и квантовых вычислений, конструкций лазерного удержания плазмы для термоядерного синтеза. Оптические и лазерные методы сохраняют высокую актуальность при выполнении чувствительных тестов фундаментальных теорий (Лоренц-инвариантность, СРТ-теорема, поиск дрейфа констант), в исследованиях гравитационных волн, поисках темной материи, моделировании магнитосферных процессов, исследовании климата, изучении солнечно-Земных связей и астрофизических явлений.

Важный вопрос изучения флуктуаций фундаментальных метрологических констант решается только при наличии высокоточных оптических часов. На создание таких часов направлены усилия многих научных коллективов в мире, в их числе ФИАН им. П.Н.Лебедева и ИЛФ СО РАН. Для повышения точности систем спутниковой навигации от оптических часов требуется компактность и автономность их конструкции. В ФИАН созданы часы массой около 300 кг и объемом менее 1 м<sup>3</sup>. Часы достигают уровня относительной нестабильности частоты менее  $5 \times 10^{-16}$  на времени усреднения около 10000 с.

Для фундаментальной метрологии и диагностики быстропротекающих процессов в веществе необходимо уметь создавать сверхсильные оптические поля ультрарелятивистской интенсивности и ультракороткой длительности. Действие ультрарелятивистских лазерных полей направлено на получение в лабораторных условиях состояний вещества, аналогичных экстремальным состояниям вещества, возникающим в астрофизических космологических явлениях. В русле таких проектов в ИЛФ СО РАН создана мультипетаваттная лазерная система с помощью эффективного когерентного сложения полей в многоканальном варианте с активной фазово-частотной привязкой всех каналов к сверхточным оптическим часам. С созданием сверхмощных лазеров для относительно компактных источников экстремальных световых полей связаны работы ФИЦ ИПФ РАН. Впервые в мире в ФИЦ ИПФ РАН была продемонстрирована фокусировка петаваттного лазерного импульса после посткомпрессии при помощи адаптивной оптической системы. Было показано, что нелинейные искажения волнового фронта импульса, сжатого по технологии CafCA (Compression after Compression Approach), можно эффективно корректировать при помощи деформируемого зеркала и датчика волнового фронта гартмановского типа.

Широким фронтом во многих институтах РАН (ФИЦ ИОФ РАН им. А.М.Прохорова, ИЛФ СО РАН, ИАиЭ СО РАН, ФТИ им. А.Ф.Иоффе) идут работы по расширению диапазона излучения лазеров и усилителей нового поколения: от среднего рентгеновского излучения (0,1–1 нм) до ТГц-диапазона – на основе новых нелинейных материалов и новых принципов.

Интерес к теоретическим работам подогревает также массовое использование фотонных устройств в VR/AR-продуктах, мобильных телефонах, смартфонах, автомобильных и многолучевых лидарах, устройствах телекоммуникаций. Для развития работ в области создания энергоэффективных квантовых компьютеров необходимы оптические (фотонные) интегральные схемы. Сотрудниками Института спектроскопии в коллаборации с другими научными группами проведены пионерские эксперименты в области топологической фотоники по созданию широкого класса топологически защищенных устройств,

таких как оптические делители и переключатели. ИРЭ РАН и ФИЦ ИОФ РАН им. А.М.Прохорова разрабатывают технологии производства чувствительных элементов волоконно-оптических датчиков, создают новые интегрально-оптические элементы.

Другое научное направление, требующее скорейшего трансфера знаний в технологию – это радиофотоника (microwave photonics). Закономерности сверхвысокочастотной модуляции оптического излучения электрическим сигналом в средах, обладающих электрооптическим эффектом, в задачах квантовых коммуникаций и криптографии преодолевают ограничения технических решений за счет того, что оптические источники имеют низкий фазовый шум. Это направление физики развивает ФТИ им. А.Ф.Иоффе и ИРЭ им. В.А.Котельникова.

На стыке физики с другими науками получены интересные результаты в исследовании спектральных свойств полупроводниковых нанокристаллов – квантовых точек (КТ). Фундаментальные закономерности, связывающие морфологию КТ с их оптико-спектральными характеристиками: квантово-размерными эффектами, электрон-фотонным взаимодействием, эффектами локального поля – открывают перспективы использования КТ в современных фотонных технологиях: оптоэлектронике, биофизике, квантовой оптике, фотовольтаике.

Лазерная медицина, используя возможность адресного фотовозбуждения и малые размеры КТ, развивает новые неинвазивные методы диагностики и лечения социально значимых заболеваний. Лазерные технологии на основе изучения эффектов воздействия света на живые ткани дают большой вклад в биотехнологии и эффективные методы выращивания сельскохозяйственных культур, так как свет – это важный адаптационный стимул, и многие живые организмы приспособливают свой метаболизм к условиям изменения освещенности в окружающей среде. Лидерами в проведении таких работ являются ФИАН им. П.Н.Лебедева, ИОФ РАН им. А.М.Прохорова, ФТИ им. А.Ф.Иоффе. Новые результаты ожидаются в области использования оптических и лазерных методов для субволновой микроскопии биологических объектов, люминесцентных методов регистрации вирусов, селективного подавления патогенных организмов.

### **РАДИОФИЗИКА и ЭЛЕКТРОНИКА, АКУСТИКА**

Для данной области физики характерно сочетание фундаментальных исследований с работами поисковой и прикладной направленности, приводящими к созданию новых средств радиоэлектроники и источников электромагнитного излучения и ускорителей частиц.

В области радиофизики выполнены заметные проекты по созданию радиоэлектронных средств диагностики окружающей среды. ИЗМИРАН завершил цикл работ по созданию системы диагностики подповерхностного голографического зондирования, использующей многоэлементные фазированные решетки СВЧ-приемников. В ИРЭ им. В.А.Котельникова показана эффективность радарной интерферометрии для мониторинга опасных оползневых явлений.

ИФ им.А.В. Киренского СО РАН совместно с АО «Информационные спутниковые системы» разработали двухдиапазонную антенную систему для наземной гражданской спутниковой связи «СКИФ», предназначенную для высокоскоростного доступа в Интернет в малонаселенных районах страны. Проведены успешные испытания связи.

В области электроники основное внимание в последнее время сосредоточено на создании мощных источников излучения СВЧ- и субтерагерцового диапазонов. В ИСЭ СО РАН экспериментально реализована генерация периодической последовательности ультракоротких (длительностью 1 нс) СВЧ-импульсов с частотой 10 ГГц, пиковой мощностью 1 ГВт и

частотой следования 0.1 ГГц.

Работы по созданию мощных источников миллиметрового диапазона ведутся в кооперации ИПФ РАН, ИЭФ УрО РАН и ИЯФ СО РАН. Они направлены на создание мегаваттных гиротронов для электронно-циклотронного нагрева плазмы в планируемом к сооружению термоядерном реакторе, разработку мультимегаваттных источников излучения для создания компактных высокоградиентных ускорителей частиц и создание новых средств диагностики процессов и материалов.

Совместно с ИПФ РАН в ИЯФ им. Г.И. Будкера на основе ускорительного комплекса ЛИУ разработаны мощные длинноимпульсные ЛСЭ субмиллиметрового диапазона. Эффект удалось получить благодаря использованию электродинамической системы на основе модифицированных брегговских структур.

В направлении создания электроники больших мощностей в ФТИ им А.Ф.Иоффе созданы высоковольтные полупроводниковые коммутаторы мощных быстро нарастающих импульсов тока.

Группой специалистов ИЭФ УрО РАН и ФИАН им. П.Н.Лебедева получен ультракороткий плотный пучок субрелятивистских убегающих электронов в протяженных воздушных промежутках с резко неоднородным электрическим полем (в своем максимуме функция распределения достигает 200 кэВ, типичные заряд и ток сгустка составляют 0,1 нКл и 10 А) – рекордный результат. В ФИАН и ОИВТ РАН совместно разработан метод локализации источников сверхвысокочастотного радиоизлучения в высоковольтном разряде.

#### **АСТРОНОМИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА**

Продолжается период бурного прогресса в астрономии, включая астрофизику и космологию. Темпы расширения и углубления наших знаний Вселенной впечатляют. Это, впервые очередь, обусловлено созданием и использованием новых 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 становится привычным стандартом. Например, запуск в самом конце декабря 2021 г. рекордно крупного космического телескопа инфракрасного диапазона James Webb позволил получить в 2022 г. много важных научных результатов. В России крупным событием стало введение в строй 13 марта 2021 года новой очереди Байкальского нейтринного телескопа. Объём детектора телескопа стал сравним с крупнейшим на сегодняшний момент детектором IceCube. Идет накопление данных. Несмотря на отключение Германией по политическим мотивам немецкого рентгеновского телескопа eRosita на борту космической обсерватории «Спектр-РГ», российский телескоп ART-XC продолжает успешно работать и получать уникальные результаты.

Следует отметить быстро растущую 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 проводить анализ данных и 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.

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 транзистных 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 2022 г. сделан существенный акцент на развитие фундаментальных исследований, имеющих в перспективе существенное прикладное значение. Например, впервые российские промышленные и научные центры фундаментального профиля начали совместную работу по решению важной задачи – созданию «Системы информационно-аналитического обеспечения безопасности космической деятельности в околоземном космическом пространстве «Млечный путь»». По сути, речь идет о создании национальной гражданской системы изучения и парирования космических угроз. 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. Галактика и метagalactика в жестких рентгеновских лучах – обзор неба с помощью телескопа ART-XC орбитальной обсерватории СРГ**

Выпущен каталог источников, зарегистрированных в жестких рентгеновских лучах с помощью телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории Спектр-РГ по данным первого года обзора всего неба. С помощью наблюдений на всех крупных российских оптических телескопах определена природа новых объектов, обнаруженных в ходе этого обзора. Открыто несколько десятков ранее неизвестных аккрецирующих белых карликов и нейтронных звезд в нашей Галактике, а также активно растущих сверхмассивных черных дыр в ядрах других галактик (Рис. 12). Обнаружены транзистные события разной природы – мощные вспышки на звездах, необычные объекты в Галактике, гамма-всплески; впервые построены детальные карты остатков вспышек сверхновых в жестких рентгеновских лучах. Для проведения более полной «переписи» рентгеновских источников в Галактике, начиная с марта 2022 года, телескоп ART-XC проводит глубокое сканирование Млечного Пути. Это позволяет отыскивать слабые источники жесткого рентгеновского излучения даже на дальнем крае Галактики, заглянув туда сквозь толщу пыли и газа. (**ИКИ РАН**. Авторы: А.А. Лутовинов, С.Ю. Сазонов и др.)

*Публикации:*

1. Pavlinsky M., Sazonov S., Burenin R. et al. “SRG/ART-XC all-sky X-ray survey: Catalog of sources detected during the first year”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A38 (2022).

2. Zaznobin I., Sazonov S., Burenin R. et al. “Identification of three cataclysmic variables detected by the ART-XC and eROSITA telescopes on board the SRG during the all-sky X-ray survey”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A39 (2022).

3. Mereminskiy I., Dodin A., Lutovinov A. et al. “Peculiar X-ray transient SRGA J043520.9+552226/AT2019wey discovered with SRG/ART-XC”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A32 (2022).

4. Lutovinov A., Tsygankov S., Mereminskiy I. et al. “SRG/ART-XC discovery of SRGA J204318.2+443815: Towards the complete population of faint X-ray pulsars”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A28 (2022).

5. De. K., Mereminskiy I., Soria R. et al. “SRGA J181414.6-225604: A New Galactic Symbiotic X-Ray Binary Outburst Triggered by an Intense Mass-loss Episode of a Heavily Obscured Mira Variable”. *The Astrophysical Journal*, 935, id.36 (2022)

Гранты РФФ 19-12-00396, 19-12-00423, 21-12-00210

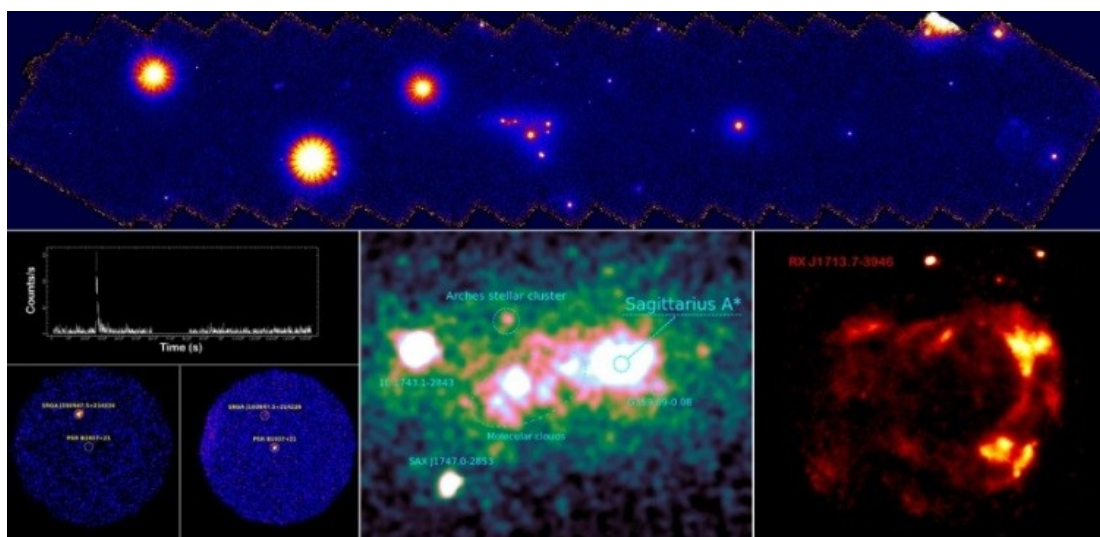


Рис. 12. Галактика и метagalктика в жестких рентгеновских лучах – обзор неба с помощью телескопа ART-XC орбитальной обсерватории СРГ

## 2. Получение прямых доказательств реликтового происхождения крупномасштабных магнитных полей химически пекулярных звезд

Завершен спектрополяриметрический обзор на 6-м телескопе БТА всех химически пекулярных (СР) звезд, отождествленных в ассоциации молодых звезд Orion OB1. Выборка объединяет 56 СР звезд возрастом 1–15 млн. лет, имеющих общее в пределах ассоциации происхождение. У 31 звезды обнаруживается магнитное поле сильнее 500 Гс, включая 14 звезд, чье поле впервые найдено в рамках нашего обзора. Результаты анализа полученных данных показывают снижение с возрастом доли СР звезд в целом и доли магнитных СР в частности по отношению к нормальным звездам того же класса, но без выраженных химических аномалий. Впервые обнаружено, что у объектов моложе 1 млн. лет магнитное поле не обнаруживается, в дальнейшем происходит перестройка структуры звезды и магнитное поле становится видимым, достигая максимума на временах порядка 2–3 млн. лет и в дальнейшем падает в 3 раза на временах порядка 10 млн. лет. Полученный результат (Рис. 13) является прямым и статистически

достоверным подтверждением реликтового происхождения магнитных полей звезд ранних спектральных классов. (САО РАН. Авторы: Семенко Е.А, Романюк И.И., Якунин И.А., Кудрявцев Д.О., Моисеева А.В.)

*Публикация:*

1.Semenko E., Romanyuk I., Yakunin I., Kudryavtsev D., Moiseeva A. Spectropolarimetry of magnetic Chemically Peculiar stars in the Orion OB1 association, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 515, Issue 1, pp.998-1011 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 515, 998 (2022).

Грант РФФ №21-12-00147.

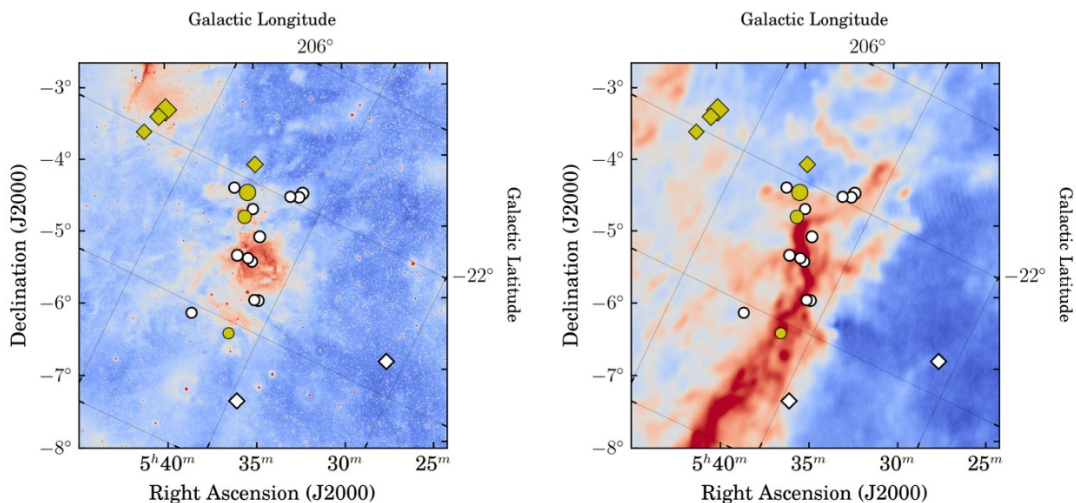


Рис. 13. Распределение химически пекулярных звезд в области туманности Ориона (закрашенными символами отмечены звезды с магнитным полем, кружками показаны звезды, входящие в состав населения туманности): слева – вид участка неба в видимом диапазоне в псевдоцветовой палитре; справа – та же область неба на частотах 353, 545 и 857 ГГц в данных миссии Planck)

### 3. Первая оценка параметров волны Рэдклиффа по мазерам и молодым звездам

Показано наличие волны Рэдклиффа в положениях, а также в вертикальных скоростях мазеров и радиозвезд, принадлежащих Местному рукаву. Амплитуда волны  $W_{\max}$  по вертикальным скоростям мазеров  $W$  определена впервые. Волна распространяется вдоль Местного рукава, напоминает локальный высокоамплитудный всплеск, быстро сходящий на нет. Наибольшую амплитуду эта структура имеет в непосредственной близости от Солнца, где главными "вкладчиками" являются звезды Пояса Гулда (Рис. 14). На основе спектрального анализа мазеров с измеренными тригонометрическими параллаксами получены следующие оценки геометрических и кинематических характеристик волны: наибольшее значение вертикальной координаты  $z$  равно  $z_{\max}=87\pm 4$  пк и длина волны  $2.8\pm 0.1$  кпк, амплитуда возмущения вертикальных скоростей  $W$  достигает значения  $W_{\max}=5.1\pm 0.7$  км/с и длина волны, найденная по вертикальным скоростям,  $3.9\pm 1.6$  кпк. Волна Рэдклиффа проявляется и в положениях очень молодых звезд, не достигших стадии главной последовательности. По ним получены следующие оценки:  $z_{\max}=118\pm 3$  пк и длина волны  $2.0\pm 0.1$  кпк. (ГАО РАН при содействии ЮФУ; авторы: Бобылев В. В., Байкова А. Т., Мишуров Ю. Н.).

*Публикации:*

1. Бобылев В.В., Байкова А.Т. Параметры галактической спиральной волны плотности по мазерам с

ошибками параллакса менее 10%. Письма в Астрон. журн. 2022, 48, 492.

2. Бобылев В.В., Байкова А.Т., Мишуков Ю.Н., 2022, Параметры волны Рэдклиффа по мазерам, радиозвездам и звездам типа Т Тельца. Письма в Астрон. журн., 48, 553.

3. Бобылев В.В., Байкова А.Т., Мишуков Ю.Н., 2022, Мистическая волна Рэдклиффа. Астрофизика, 65, No 4, 603.

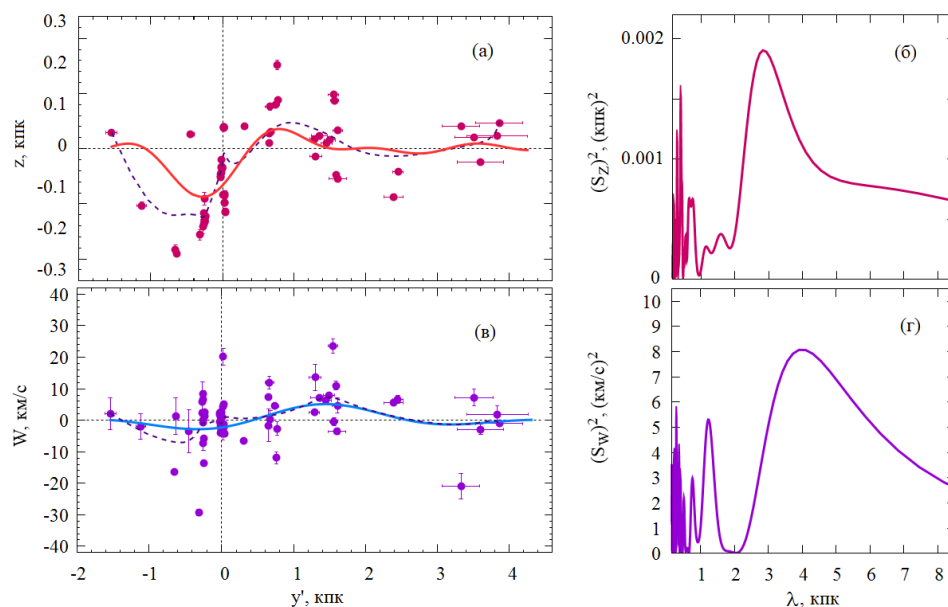


Рис. 14. Координаты мазеров  $z$  в зависимости от расстояния  $u'$  (а) и их спектр мощности (б), вертикальные скорости мазеров  $W$  в зависимости от расстояния  $u'$  (в) и их спектр мощности (г), периодические кривые, показанные сплошными жирными линиями, отражают результаты спектрального анализа, пунктирными линиями показаны сглаженные средние значения

#### 4. Синтез и магнитные свойства фаз полигидридов железа при высоких давлениях мегабарного диапазона

В условиях высоких давлений до 157 ГПа и высоких температур до 2000 К впервые синтезированы семь различных соединений железа с водородом  $FeH_x$  с совершенно разными электронными и магнитными свойствами. Синтез проводился в системе Fe - боразан ( $NH_3BH_3$ ) в камерах с алмазными наковальнями при лазерном нагреве образца. Обнаружено, что одно из этих соединений  $FeH_2$  имеет тетрагональную кристаллическую структуру  $I4/mmm$  и при давлении 82 ГПа является магнетиком до температуры около 174 К (Рис. 15 а,б,с слева). Также удивительным результатом является обнаружение одной из фаз  $FeH_x$ , неизвестного пока состава, которая при давлении 128 ГПа остается магнитоупорядоченной в интервале температур от 4 до 300 К, а экстраполированное значение температуры Нееля может достигать  $\sim 2100$  К (Рис. 15 б справа). Существование магнитных фаз соединений железа при таком рекордно высоком давлении является уникальным и не наблюдалось до настоящего времени. Следует отметить, что такие высокие давления характерны для области, находящейся на границе между нижней мантией и внешним ядром Земли, в составе которой преобладает железо. Поэтому полученные экспериментальные данные о магнитном состоянии и электронных свойствах фаз железа очень важны как с фундаментальной точки зрения физики металлов и их магнетизма, а также с точки зрения физики Земли и земного магнетизма. (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН при участии Center for High Pressure Science and

Technology Advanced Research (HPSTAR), Shanghai, China и ИЯИ РАН. Исполнители: Гаврилюк А.Г., С. Н. Аксёнов, Иванова А.Г., Троян И.А., Любутин И.С., В. В. Стружкин, А. А. Миронович).

Публикация:

Гаврилюк, А.Г. Синтез и магнитные свойства фаз полигидридов железа при высоких давлениях мегабарного диапазона/ А.Г. Гаврилюк, В.В. Стружкин, С.Н. Аксёнов, А.Г. Иванова, А.А. Миронович, И.А. Троян, И.С. Любутин. // JETP Letters. **116**. issue 11. (2022).

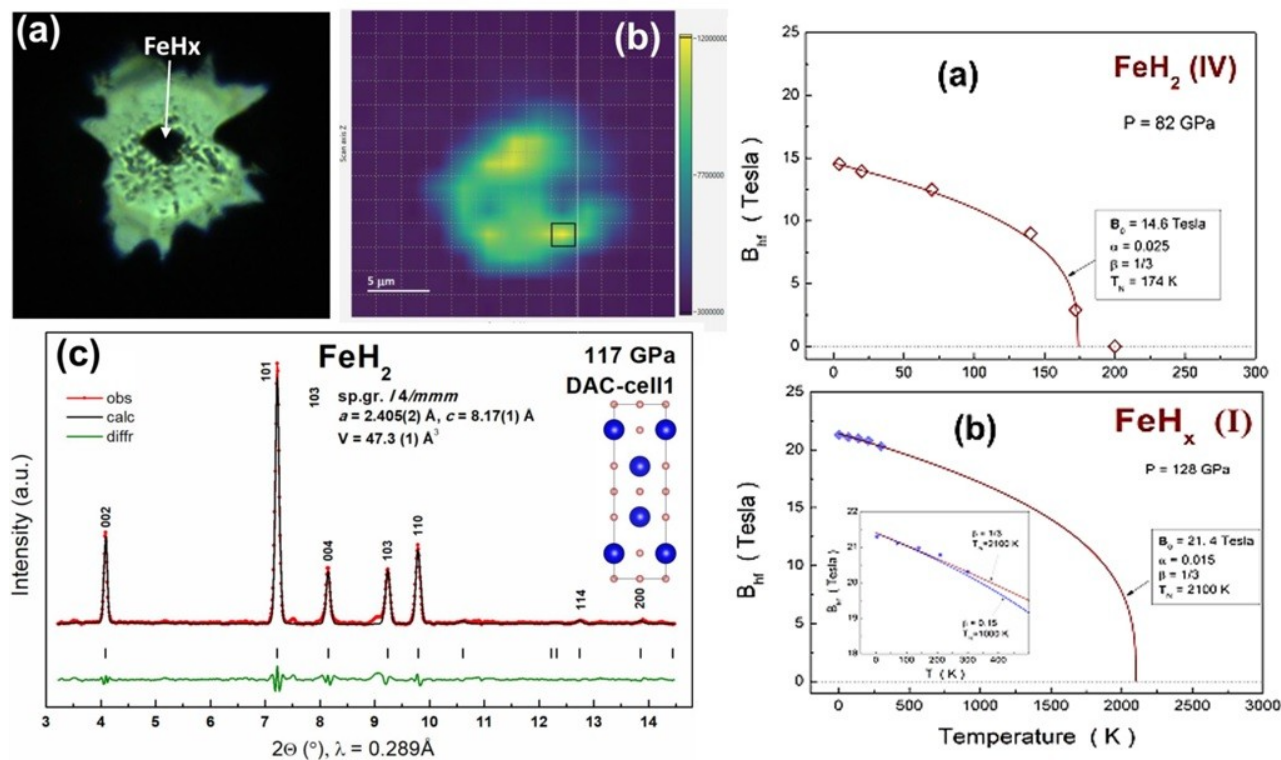


Рис. 15. Фотография образца в камере высоко давления (а слева). Показано распределение фазы FeH<sub>2</sub> по образцу (b слева), а также дифрактограмма фазы I4/mmm - FeH<sub>2</sub> и её кристаллическая структура (с слева), (а справа). Температурная зависимость магнитного сверхтонкого поля B<sub>hf</sub> на ядрах Fe-57 в тетрагональной фазе I4/mmm. FeH<sub>2</sub> при давлении 82 ГПа, температура Нееля ~ 174 К. (b справа). Температурная зависимость магнитного сверхтонкого поля B<sub>hf</sub> на ядрах Fe-57 в фазе FeH<sub>x</sub> (I) при давлении 128 ГПа. Экстраполированное значение температуры Нееля ~ 2100 К

### 5. Фокусировка петаваттного лазерного импульса после посткомпрессии при помощи адаптивной оптической системы

Впервые продемонстрировано, что нелинейные искажения волнового фронта петаваттного фемтосекундного лазерного импульса, сжатого по технологии CafCA (Compression after Compression Approach), можно эффективно корректировать при помощи деформируемого зеркала и датчика волнового фронта гартмановского типа (Рис. 16). Таким образом, CafCA позволяет не только многократно поднять пиковую мощность лазерного импульса при сохранении его энергии, но и пропорционально увеличить интенсивность излучения в фокусе. В экспериментах с фокусирующей системой F/2,5 получена пиковая интенсивность в 52% от теоретического предела. (ИПФ РАН. Авторы: Соловьев А.А., Котов А.В., Мартынянов М.А., Первалов С.Е., Земсков Р.С., Стародубцев М.В., Яковлев И.В., Гинзбург В.Н., Кочетков

*Публикации:*

1. Soloviev A. et al. // Optics Express. – 2022. – V. 30. – №. 22. – P. 40584-40591

2. Martyanov M. et al. // JOSA B. – 2022. – V. 39. – №. 7. – P. 1936-1944.

Контактный автор: Соловьев Александр Андреевич, тел. +7 910 378 35 51, e-mail: so\_lo@ipfran.ru

Гранты: РФФ, проект № 20-62-46050; РФФИ/Росатом, проект № 20–21-00023.

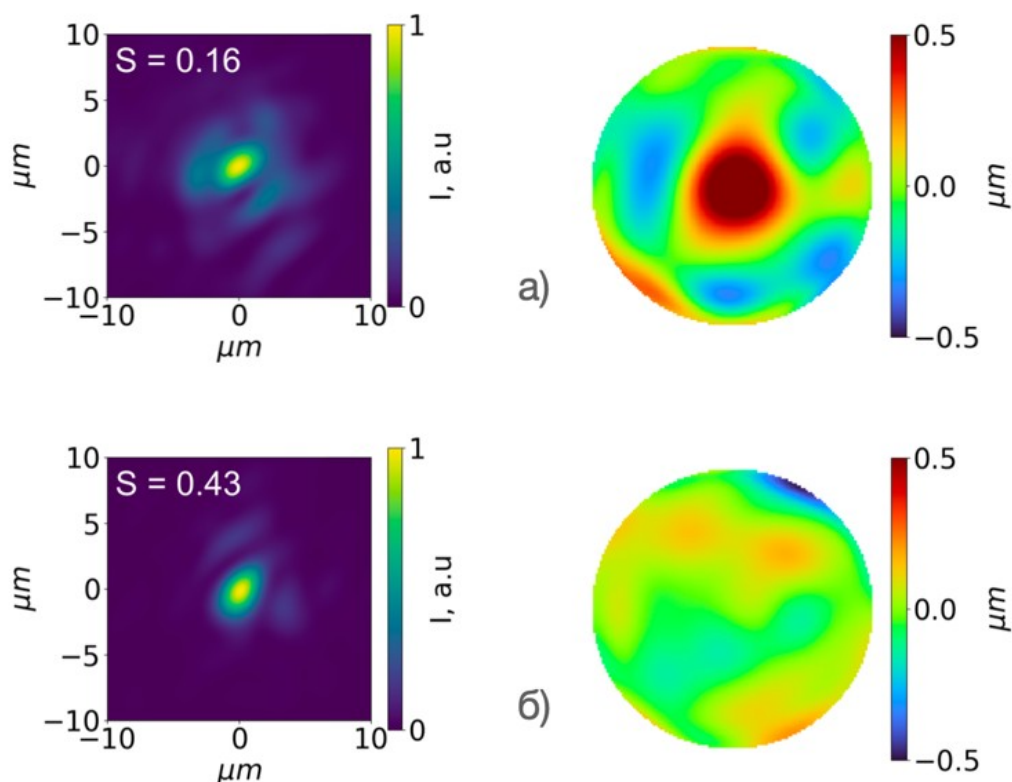


Рис. 16. Распределения светового потока в области фокуса (слева) и искажений волнового фронта (справа) без коррекции (а) и с коррекцией (б) волнового фронта

### 6. Пионерские эксперименты в области топологической фотоники

Топологические изоляторы являются перспективными системами в области фотоники для разработки широкого класса топологически защищённых устройств: оптические делители и переключатели. Чтобы продемонстрировать возможность надежного переключения излучения между двумя такими структурами, были изготовлены массивы с нетривиальной топологией, состоящие из нескольких пар волноводов (димеров), и в них впервые были экспериментально зарегистрированы переключения топологических краевых состояний между двумя близко расположенными топологическими массивами, динамику которых можно контролировать и даже полностью подавить, увеличивая мощность входного излучения (Рис. 17 а). Процессы нелинейной локализации и формирование уникальных топологических солитонов наблюдались также в более сложной реализации топологических массивов (тримерах волноводов). Экспериментально наблюдались синфазные и противофазные топологические солитоны, что является прямым доказательством сосуществования и возможности избирательного возбуждения в одной и той же или в разных запрещённых зонах двух типов топологических краевых солитонов с различной внутренней структурой (Рис. 17 б). (Институт спектроскопии РАН в коллаборации с Центром Квантовых

Технологий МГУ и Institut de Ciències Fòniques (ICFO), Барселона, Испания. Авторы: Я.В. Карташов, С.К. Иванов, А.А. Архипова, В.О. Компанец, С.В. Чекалин, В.Н. Задков).

Публикации:

1. Observation of Edge Solitons in Topological Trimer Arrays. Phys.Rev.Lett. 128, 093901, 2022.
2. Observation of nonlinearity-controlled switching of topological edge states. Nanophotonics. 11(16) 3653, 2022.

Грант РФФ 21-12-00096.

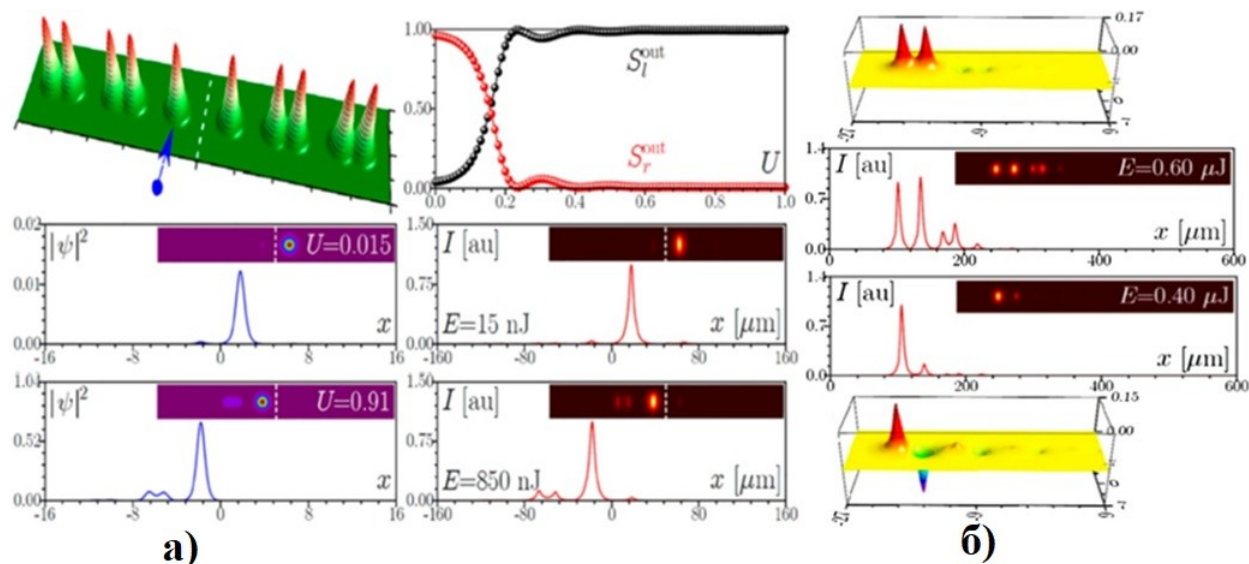


Рис. 17. Демонстрация переключения топологических краевых состояний между двумя близко расположенными топологическими массивами: а) наблюдение синфазных и противофазных топологических солитонов; б) избирательное возбуждение в запрещённых зонах двух типов топологических краевых солитонов с различной внутренней структурой

## 7. Генерация последовательности гигаваттных ультракоротких СВЧ-импульсов с наносекундным периодом следования

Реализована схема генерации периодической последовательности ультракоротких ( $\approx 10^{-9}$  с) СВЧ-импульсов с пиковой мощностью  $\approx 10^9$  Вт и частотой следования импульсов более  $10^8$  Гц. В основе схемы – релятивистская лампа обратной волны в режиме сверхизлучения, в которой изменению подверглись части как со стороны входа электронного пучка, так и на коллекторном крае, где обеспечено частичное отражение электромагнитной волны. Эксперимент выполнен на основе сильноточного электронного ускорителя СИНУС-330М с модифицированной формирующей линией, обеспечивающей импульс напряжения утроенной ширины (37 нс), с амплитудой на катоде  $-280$  кВ, при токе пучка 3,9 кА. Впервые достигнут гигаваттный уровень пиковой мощности ультракоротких СВЧ-импульсов в режиме генерации их периодической последовательности со стабильной амплитудой и формой (Рис. 18 а). Центральная частота в спектре колебаний каждого пакета импульсов 10 ГГц (Рис. 18 б). СВЧ-генератор с данными характеристиками имеет значимый потенциал применений (ИСЭ СО РАН. Авторы: Е.М. Тотьменинов, В.Ю. Конев, А.И. Климов, И.В. Пегель, С.А. Кицанов, П.В. Выходцев, А.С. Степченко, Р.В. Цыганков, В.В. Ростов).

Публикация:

Е.М. Тотьменинов, В.Ю. Конев, А.И. Климов, И.В. Пегель. Экспериментальная реализация способа генерации последовательности ультракоротких гигаваттных импульсов черенковского сверхизлучения с наносекундным периодом следования. Письма в ЖЭТФ. 2022. Т. 115. вып. 8. С. 479–483. DOI: 10.31857/S1234567822080031.

Государственное задание № 0291-2021-0002 (FWRM-2021-0002), тема «Фундаментальные основы создания генераторов мощного микроволнового и сверхширокополосного излучения, сильноточной ускорительной техники и развитие их применений»

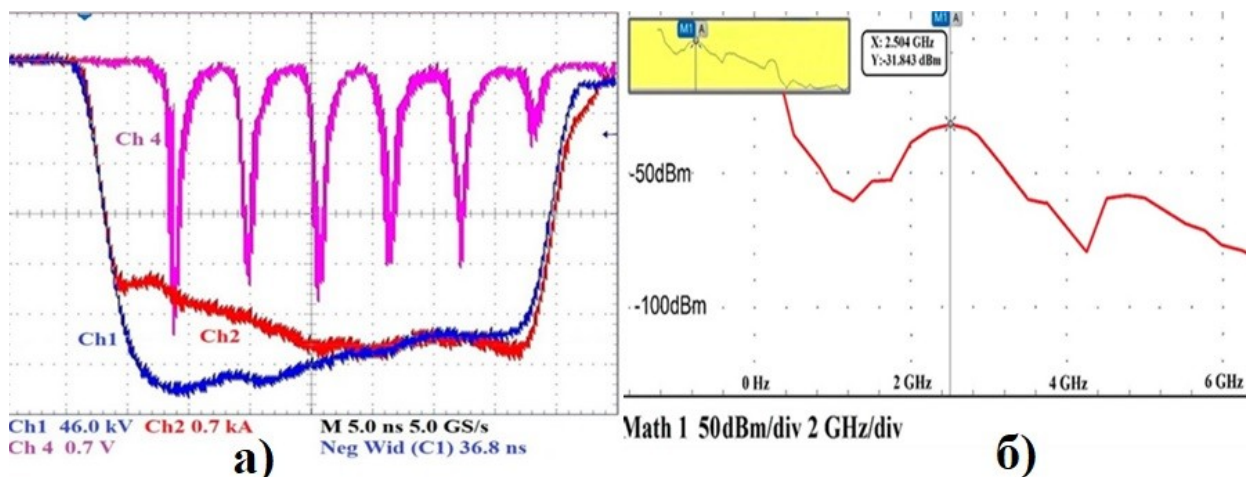


Рис. 18. Создания генераторов мощного микроволнового и сверхширокополосного излучения: а) наложение 20 пакетов импульсов (Ch1 – ускоряющее напряжение, Ch2 – ток электронного пучка, Ch4 – продетектированный СВЧ-сигнал); б) спектр колебаний промежуточной частоты ( $F = F_{\text{get}} + \Delta F$ , где  $F_{\text{get}} \approx 7,5$  ГГц — частота гетеродина,  $\Delta F \approx 2,5$  ГГц — промежуточная частота)

#### 8. Новые алмазные композиты с совершенными межзеренными границами, рекордной износостойкостью и термической стабильностью на основе микро- и наноалмазов

Использование для спекания в условиях высоких давлений и температур наноалмазов с фторированной поверхностью позволило изменить принцип формирования совершенных границ раздела и разработать новый класс конкурентных сверхтвердых композитов. При синтезе реализуется эффект аномально быстрого роста наноалмазов с фторированной поверхностью в присутствии алюминия. Найдены оптимальные составы и термобарические условия получения композитов из фторированных смесей микро и нано алмазов спеканием гомогенных смесей и инфильтрацией металлических расплавов. Оригинальная связующая фаза в виде интерметаллидов  $\text{Co}(\text{Ni})\text{Al}$  обеспечивает образование прочного алмазного каркаса и увеличение термической устойчивости (Рис. 19). Сравнительные испытания, проведенные в нефтесервисной компании Бейкер Хьюз, показали, что износостойкость новых композитов при точении гранита более чем в два раза выше, чем у лучших коммерческих аналогов. Новые композиты могут иметь широкую область промышленного применения, в частности для оснащения ими буровых инструментов нового поколения (ИФВД РАН им. Л.Ф. Верещагина в кооперации с Университетом Райса, Хьюстон, США. Авторы: В.П. Филоненко, Р.Х. Баграмов, И.П. Зибров, В.Н. Хабашеску).

*Публикации:*

1. V.N. Khabashesku, V.P. Filonenko, R.K. Bagramov, I.P. Zibrov, “Diamond Composites Produced from Fluorinated Mixtures of Micron-Sized and Nanodiamonds by Metal Infiltration”, *Materials*, 15, 24936, 2022.



2. В.П. Филоненко, В.Н. Хабашеску, «Перспективы использования фторированных наноалмазов для синтеза сверхтвердых композитов», Российские нанотехнологии, 17, № 4, 77–82, 2022.

Госзадание FFUW-2021-0003, тема: «Синтез при высоких давлениях новых материалов, в том числе функциональных наноматериалов, и исследование их свойств».

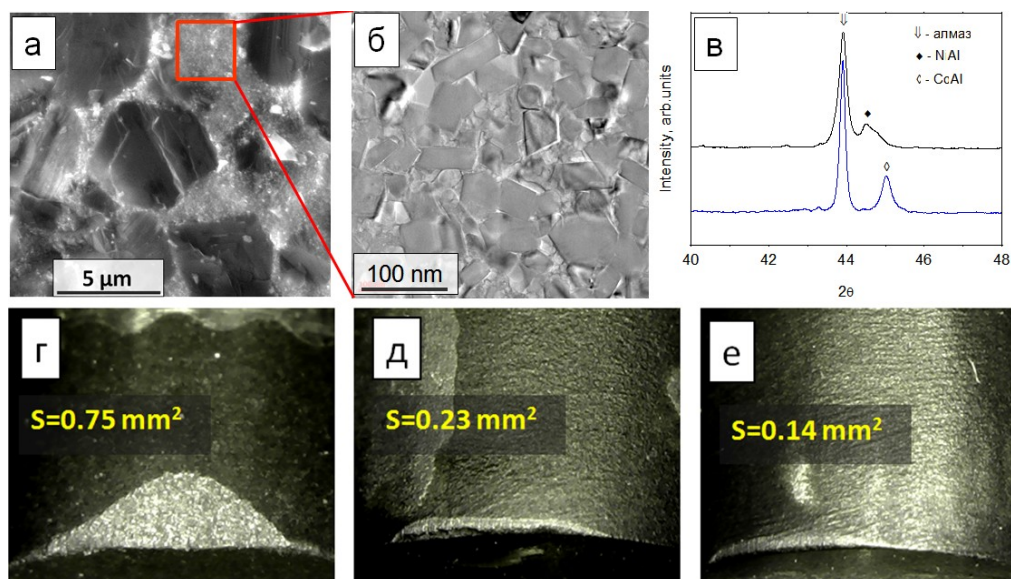


Рис. 19. Микроструктура (а,б) и рентгенофазовый анализ (в) экспериментальных композитов. Пятна износа после точения гранита: (г) - коммерческий композит компании US Synthetic, (д) - композит из гомогенной смеси алмаз-2Al-6Co, (е) – композит с дополнительной инфильтрацией никеля

## 9. Магнитные наноструктуры спинтроники с рекордными функциональными характеристиками

Разработана магнетронная технология синтеза магнитных наноструктур с эффектом гигантского магнитосопротивления (ГМС), имеющих рекордные функциональные характеристики. Уникальные свойства полученных наноструктур обусловлены выбором оптимальной композиции и использованием в них оригинальных магнитных и немагнитных сплавов. Разработаны обменно-связанные металлические сверхрешетки CoFeNi/CuIn, которые по величине магнитосопротивления, минимальности гистерезиса и высокой линейности по магнитному полю, превышают зарубежные аналоги и являются лучшими в своем классе магниточувствительных наноматериалов (Рис. 20). Сверхрешетки устойчивы к воздействию высоких температур вплоть до  $T = 300^{\circ}\text{C}$  и могут выступать в качестве исходных магниточувствительных сред для создания магнитных сенсоров. Оптимизированные для конкретных задач наноструктуры, нанесенные на кремниевые пластины, в настоящее время используются на предприятии радиоэлектронной промышленности для создания инновационных изделий магнитоэлектроники и спинтроники (ИФМ УрО РАН. Авторы: М.А. Миляев, Л.И. Наумова, В.В. Проглядо, Н.П. Глазунов, В.В. Устинов).

### Публикации:

1. M.A. Milyaev, L.I. Naumova, V.V. Proglyado, A.Yu. Pavlova, M.V. Makarova, E.I. Patrakov, N.P. Glazunov, V.V. Ustinov. Advantages of using Cu1-xInx alloys as spacers in GMR multilayers / Journal of Alloys and Compounds. 2022. V. 917. P. 165512–165518.

2. M.A. Milyaev, N.S. Bannikova, L.I. Naumova, V.V. Proglyado, E.I. Patrakov, N.P. Glazunov, V.V.

Госзадание № 122021000036-3, шифр «Спин».

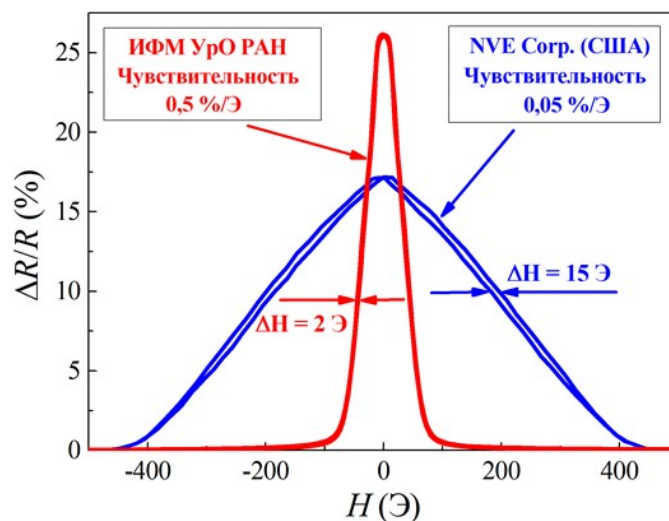


Рис. 20. Сравнение магниторезистивных кривых для сверхрешетки CoFeNi/CuIn, полученной в ИФМ УрО РАН, и базового ГМС материала, используемого фирмой NVE Corporation (США) для изготовления линейки магниточувствительных сенсоров

#### 10. Новое поколение жаропрочных сплавов

Создана новая группа жаропрочных сплавов для применения в области температур выше 1200°C. Структурно новые материалы представляют собой естественные композиты, в которых роль матрицы выполняют твердые растворы на основе молибдена, а упрочняющих фаз – тугоплавкие карбиды. Проведенные высокотемпературные механические испытания новых сплавов показали их возможность выдерживать высокие нагрузки при температурах 1200° и выше в течение нескольких тысяч часов.

Разработан новый жаропрочный сплав на основе молибдена, способный выдерживать нагрузку в 300 МПа при температуре 1600 °С. По жаропрочности он значительно превосходит применяемые в настоящее время сплавы. При испытании на растяжение при температуре 1450°C его предел прочности более чем в 3 раза превышает предел прочности молибденового сплава ТСМ-7 (Рис. 21). Отличительной особенностью сплава является высокая чистота по наиболее вредной примеси – кислороду. Исходной заготовкой при изготовлении продукции является слиток, получаемый методом последовательного проведения вакуумной электронно-лучевой и вакуумной электро-дуговой плавки. Производство продукции из сплава осуществляется классическими методами обработки давлением и термообработки. Возможно также получение гранул для последующего применения в аддитивных технологиях. (ИФТТ РАН, Карпов М.И.).

Госзадание, тема: «Физика и технологии новых материалов и перспективных структур»

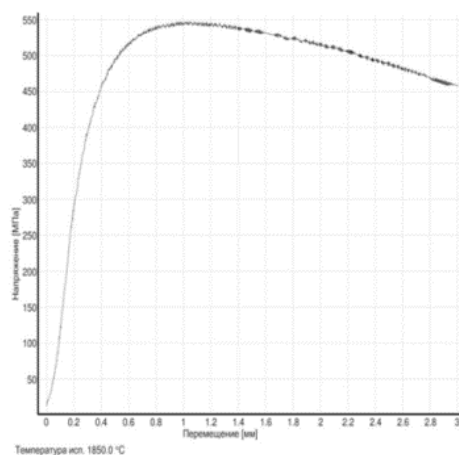


Рис. 21. Диаграмма испытания образца жаропрочных сплава на 3-точечный изгиб при 1850 °С  
(предел прочности составил 548 МПа)

### 11. Ультракороткий плотный параксиальный пучок субрелятивистских убегающих электронов

Сильное однородное магнитное поле  $B_z$  позволяет преобразовать расходящийся поток убегающих электронов в атмосферном промежутке с коническим катодом (Рис. 22а) в параксиальный пучок длительностью  $\sim 10$  пс (Рис. 22б). Получена и интерпретирована зависимость поперечной структуры сгустка от  $B_z$ . Энергия электронов в максимуме функции распределения достигает 200 кэВ. Типичные заряд и ток сгустка составляют 0,1 нКл и 10 А, соответственно. При  $B_z = 4,3$  Тл пиковая плотность тока, усредненная по центральной части сгустка диаметром 0,7 мм, превышает  $0,65$  кА/см<sup>2</sup> (Рис. 22в). Это наибольшее значение, достигнутое на сегодняшний день для потоков убегающих электронов в протяженных воздушных промежутках с резко неоднородным электрическим полем. (ФИАН им. П.Н.Лебедева, ИЭФ УрО РАН. Авторы Г.А. Месяц, Е.А. Осипенко, К.А. Шарыпов, В.Г. Шпак, С.А. Шунайлов, М.И. Яландин, Н.М. Зубарев)

*Публикации:*

1. G.A. Mesyats, E.A. Osipenko, K.A. Sharypov, V.G. Shpak, S.A. Shunailov, M.I. Yalandin, N.M. Zubarev, An ultra-short dense paraxial bunch of sub-relativistic runaway electrons, IEEE Electron device Lett., Vol. 43, No. 4, p. 627–630 (2022).
2. K. Sharypov, E. Osipenko, V. Shpak, S. Shunailov, M. Yalandin, N. Zubarev, Parameters of a paraxial magnetized bunch of runaway electrons, in: Book of Abstracts of 8-th Int. Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE) – 22-nd Int. Symp. on High-Current Electronics - Tomsk, Russia, Oct. 2–8, 2022, p. 166.

Госзадание, тема: «Физика и техника мощных импульсных устройств, исследование и использование новых способов генерирования сильноточных

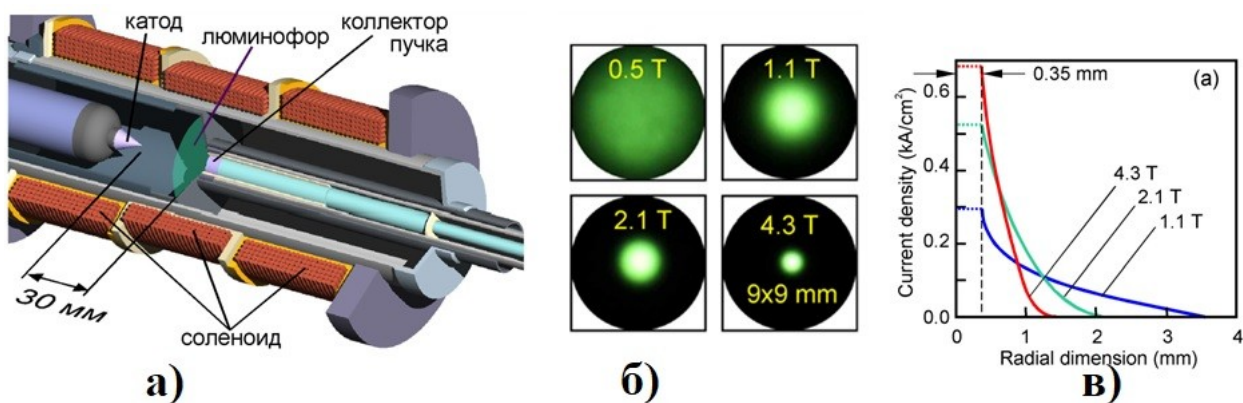


Рис. 22. Получение ультракороткого плотного параксиального пучка субрелятивистских убегающих электронов: а) геометрия атмосферного диода с конусным катодом и сильным продольным магнитным полем; б) структура пучка убегающих электронов на люминофоре; в) распределение тока электронов по радиусу при различных магнитных полях

## 12. Транспортируемые оптические часы на одиночном ионе иттербия

Созданы первые в России компактные транспортируемые оптические часы на одиночном ионе иттербия. Оптические часы – это сложные и чувствительные устройства, что позволяет применять их в широком круге прикладных и фундаментальных задач. Такие часы позволят построить карту гравитационного потенциала Земли и необходимы для повышения точности систем спутниковой навигации. Однако для этого необходимо, чтобы оптические часы были транспортируемыми, достаточно компактными и автономными. На создание таких часов направлены усилия многих лабораторий мира. Созданные часы имеют массу около 300 кг и объем менее 1 м<sup>3</sup>, включая модуль преобразования оптического сигнала в радиодиапазон и электронику, что делает представленную систему одной из наиболее компактных на сегодняшний день (Рис. 23). Часы достигают уровня относительной нестабильности частоты менее  $5 \times 10^{-16}$  на времени усреднения около 10000 с. (ФИАН им. П.Н. Лебедева РАН (головная организация), АО РКС (индустриальный партнер), ООО Авеста, Сколтех и ИЛФ СО РАН. Авторы: И.А. Семериков, И.В. Заливако, А.С. Борисенко, М.Д. Аксенов, Н.Н. Колачевский, К.Ю. Хабарова)

*Публикации:*

1. Khabarova K. et al. Toward a New Generation of Compact Transportable Yb<sup>+</sup> Optical Clocks //Symmetry. 2022. Т. 14. №. 10. С. 2213. DOI 10.3390/sym14102213. URL: <https://www.mdpi.com/2073-8994/14/10/2213>.

Госзадание, тема: «Перспективные платформы для реализации квантовых симуляторов и универсальных квантовых вычислителей»

Грант МОН РФ: УИН RFMEFI61017X0010 в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»



Рис. 23. Транспортируемые оптические часы на одиночном ионе иттербия

### 13. Теория эффекта Яна-Теллера с учетом спин-орбитального взаимодействия (t x T задача)

С помощью численных методов построена теория, объясняющая появление аномальных локальных статических искажений кристаллической решетки в соединениях тяжелых d-металлов (Рис. 24). Результат важен для антиферромагнитной спинтроники, использующей топологические изоляторы и полуметаллы, “китаевские материалы”, спин-орбитальные моттовские изоляторы и многие другие системы (ИФМ УрО РАН, ИТПЭ РАН, Кельнский университет, г. Кельн, Германия. Авторы: С.В. Стрельцов, Ф. Темников, К.И. Кугель, Д.И. Хомский).

*Публикация:*

I.S.V. Streltsov, F. Temnikov, K.I. Kugel, D.I. Khomskii. Interplay of the Jahn-Teller Effect and Spin-Orbit Coupling: The Case of Trigonal Vibrations. Physical Review B. 105, 205142 (2022).

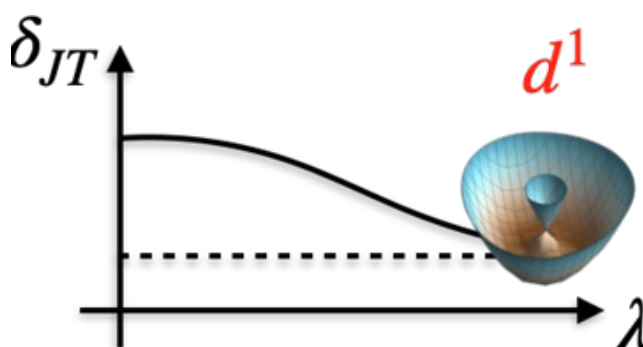


Рис. 24. Зависимость амплитуды ян-теллеровского искажения ( $\delta_{JT}$ ) от константы спин-орбитальной связи ( $\lambda$ ) для заполнения  $t_{2g}^1$

### 14. Достижение субтермоядерных температур в компактном сферическом токамаке Глобус–М2

В 2022 году проведены эксперименты на модернизированной уникальной научной установке

"Сферический токамак Глобус-М2" с достижением величин магнитного поля до 1 Тл и протекающего по плазме тока – до 0.5 МА. Полученные параметры плазмы оказались в хорошем соответствии с наиболее оптимистичными прогнозами, ранее сделанными учеными: температура плазмы, при инжекции в токамак двух пучков атомарного водорода высокой энергии, достигла 45 миллионов градусов (4 кэВ) (Рис. 25), что всего вдвое меньше температуры, необходимой для зажигания реакции управляемого термоядерного синтеза изотопов водорода. Достигнутая на Глобус-М2 температура плазмы высокой плотности продемонстрирована впервые в отечественных исследованиях на установках типа токамак. В мировой практике сравнимые температуры регистрировались в установках гораздо больших размеров, работающих при более высоком магнитном поле, что указывает на большие потенциальные возможности сферических токамаков как основы для создания компактных термоядерных устройств различного назначения (**ФТИ им. А.Ф.Иоффе**. Авторы: Гусев В.К., Минаев В.Б., Петров Ю.В., Сахаров Н.В., Бахарев Н.Н., Жильцов Н.С., Курский Г.С., Мельник А.Д., Мирошников И.В., Тельнова А.Ю., Щеголев П.Б., Балаченков И.М., Варфоломеев В.И., Воронин А.В., Дьяченко В.В., Горяинов В.А., Ильясова М.В., Киселев Е.О., Коновалов А.Н., Крикунов С.В., Новохацкий А.Н., Патров М.И., Скрекель О.М., Солоха В.В., Ткаченко Е.Е., Токарев В.А., Толстяков С.Ю., Тюхменева Е.А., Хилькевич Е.М., Хромов Н.А., Чернышев Ф.В., Шевелев А.Е., Шулятьев К.Д., Яшин А.Ю.).

*Публикация:*

1. G.S. Kurskiev et al. Nucl. Fusion 62 (2022) 104002.

Программа "Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года".

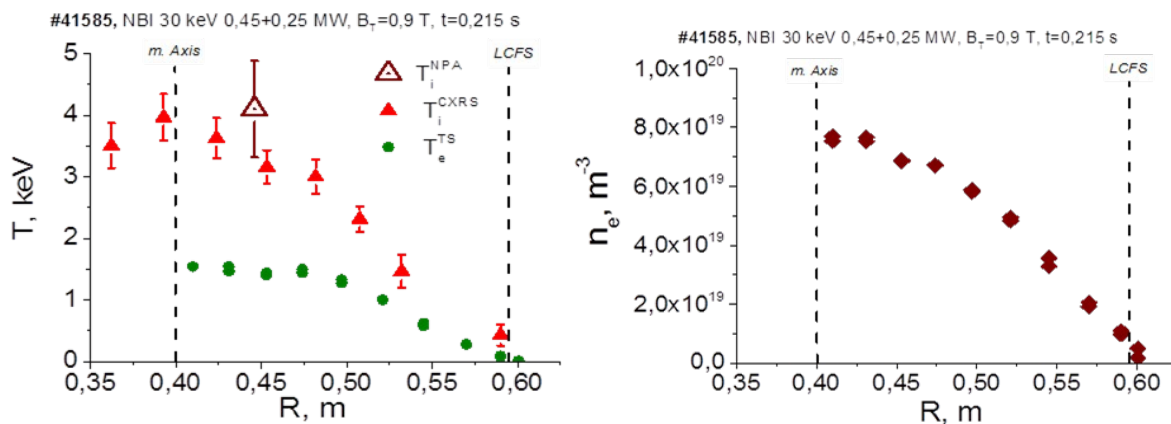


Рис. 25. Результаты экспериментов на модернизированной уникальной научной установке "Сферический токамак Глобус-М2"

### Секция Ядерной физики

#### **1. Физика нейтрино и астрофизические аспекты физики элементарных частиц**

С вводом в апреле 2022 года двух новых кластеров рабочий объем Байкальского глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD превысил в этом году 0.4 куб.км в задаче регистрации событий от нейтрино высоких энергий (свыше 100 ТэВ). Детектор содержит в своем составе 10 кластеров глубоководных гирлянд регистрирующей и управляющей аппаратуры (2916 оптических модулей) и является крупнейшим нейтринным телескопом Северного полушария. При анализе данных, полученных при работе детектора в конфигурациях 2018 – 2021 годов, были выделены 11 каскадных событий с энергией свыше 15 ТэВ из-под горизонта, инициированных нейтрино астрофизической природы, что на уровне достоверности

3 $\sigma$  подтверждает результаты первого наблюдения потока астрофизических нейтрино высоких энергий на антарктическом детекторе IceCube (Рис. 26). (ИЯИ РАН, ОИЯИ, коллаборация **Baikal-GVD**, Координатор работ: Домогацкий Григорий Владимирович).

*Публикация:*

Baikal-GVD Collaboration (V.A. Allakhverdyan et al.), Diffuse neutrino flux measurements with the Baikal-GVD neutrino telescope, e-Print:2211.09447 [astro-ph.HE], Physical Review D, январь 2023.

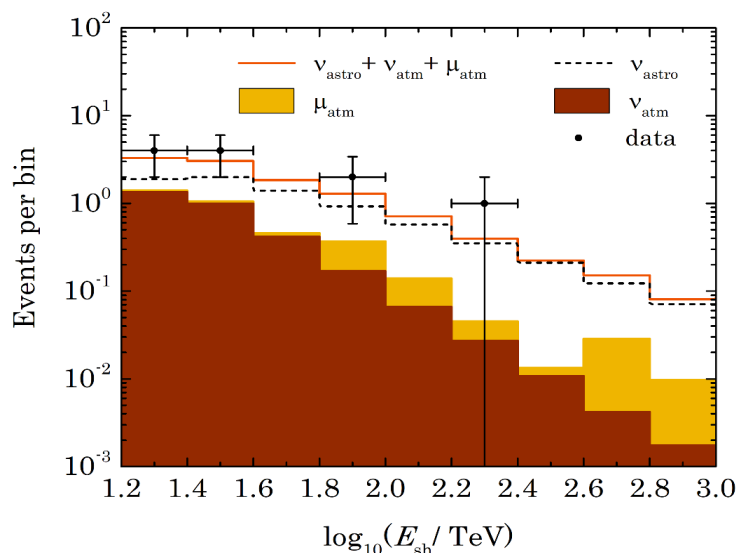


Рис. 26. Распределения по энергии экспериментальных и теоретически ожидаемых событий в рамках анализа каскадных событий из-под горизонта: экспериментальные события - черные точки; распределение событий, ожидаемое от диффузного потока нейтрино астрофизической природы с параметрами, полученными из данных Baikal-GVD за 2018-2021 г.г. - пунктирная гистограмма; фоновые события от атмосферных мюонов и атмосферных нейтрино - состыкованные желтая и коричневая закрашенные области; суммарное число ожидаемых сигнальных и фоновых событий - оранжевая гистограмма

## 2. Открытие нейтринного излучения Галактики

Анализ публично доступных данных о наиболее высокоэнергичных нейтринных событиях, зарегистрированных экспериментом IceCube, позволил установить наличие галактической анизотропии в направлениях прихода нейтрино с энергиями выше 200 ТэВ. Было выполнено исследование распределения направлений прихода этих нейтрино по галактической широте  $b$  с помощью самой простой небинированной непараметрической тестовой статистики, медианы  $|b|$  по выборке. Отклонение от медианы смещено в сторону меньшего  $|b|$  со статистической значимостью 99.996% (4.1 сигма). Наличие нейтрино от Галактики указывает на разнообразие источников: вероятно, нейтринное небо не менее богато, чем наблюдаемое в обычном, фотонном, излучении (Рис. 27). (ИЯИ РАН, АКЦ ФИАН. Авторы: Ю.Ю. Ковалев, А.В.Плавин, С.В.Троицкий)

*Публикации:*

1) Kovalev Y. Y., Plavin A. V., Troitsky S. V. Galactic contribution to the high-energy neutrino flux found in track-like IceCube events //The Astrophysical Journal Letters. – 2022. – V. 940. – No 2. – P. L41.

Проект «Наука» МОН РФ 075-15-2020-778.).

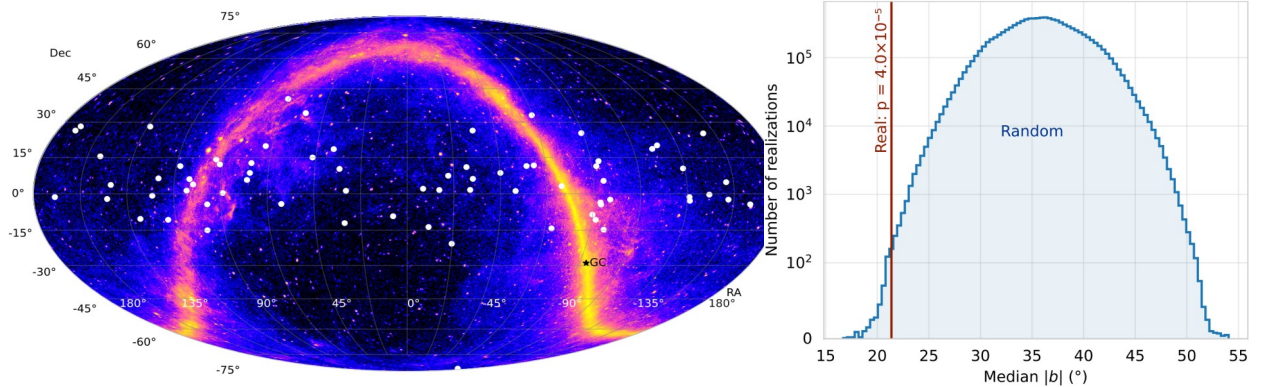


Рис. 27. Слева: направления прихода 71 высокоэнергичных нейтрино на IceCube, показанные белыми точками поверх карты гамма-излучения Fermi. Справа: медианное значение галактической широты этих нейтрино ( $21^\circ$ ), и распределение широты для Монте-Карло симуляций в предположении изотропии.

### 3. Экспериментальное изучение процесса электрон-позитронной аннигиляции в пару нейтрон-антинейтрон на коллайдере ВЭПП-2000

В 2022 году в эксперименте СНД на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 была завершена многолетняя работа по изучению процесса рождения пары нейтрон-антинейтрон в электрон-позитронной аннигиляции в области энергии вблизи порога, от 1884 до 2000 МэВ в системе центра масс. Результат основывается на данных, набранных в эксперименте в 2017 г. и 2019 г. (при полном интеграле  $30 \text{ пб}^{-1}$ ). Было зарегистрировано более 2000 пар нейтрон-антинейтрон и измерено сечение процесса ( $0.3\text{-}0.5 \text{ нб}$ ), а также впервые вблизи порога измерены эффективный времениподобный электромагнитный формфактор нейтрона (Рис. 28, слева) и отношение электрического и магнитного формфакторов нейтрона [1]. Это впервые позволило количественно описать структуру сильного взаимодействия нейтрона и его античастицы вблизи порога рождения. Полученные на детекторе СНД результаты стыкуются с измерениями китайского детектора BESIII при большей энергии.

Электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000, с диапазоном энергий от 160 до 1000 МэВ в пучке, работает с двумя детекторами СНД и КМД-3 с 2010 г. После завершения в 2016 году модернизации инжектора, производительность по позитронам выросла на порядок. ВЭПП-2000 продолжает набор данных с постоянным наращиванием своей эффективности (Рис. 28, справа). В сезоне 2021-22 г. были достигнуты рекордные для энергии пучков 890 МэВ пиковая светимость  $L = 9 \cdot 10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$  и суточный темп набора данных –  $4 \text{ пб}^{-1}$  [2]. Полный интеграл, набранный в сезоне, превышает  $300 \text{ пб}^{-1}$  на один детектор – треть экспериментальной программы! Это позволит в дальнейшем значительно увеличить точность всех физических измерений. (ИЯФ СО РАН)

*Публикации:*

M.N. Achasov et al, Experimental study of the  $e^+e^- \rightarrow n \text{ anti-}n$  process at the VEPP-2000 collider with the SND detector, European Physical Journal C 82, 761 (2022); <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-10696-0>.

E.A. Kozyrev et al., Results from low energy  $e^+e^-$  facilities of BINP // 19th Int. Conf. in memoriam Simon Eidelman (HADRON 2021), Vol. 3, № 3 (2022); DOI 10.31349/SuplRevMexFis.3.0308007.

Государственное задание № 15.2.3, тема: «Исследования электромагнитной структуры легких



адронов и ядер».

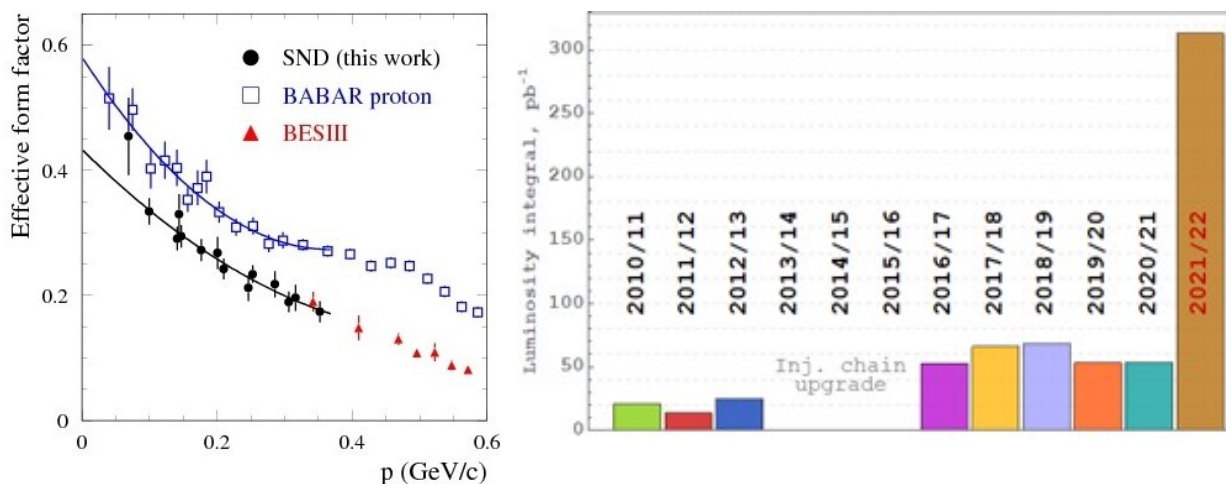


Рис. 28. Слева: измеренный на детекторе СНД в работе [1] формфактор нейтрона (кружки) в сравнении с результатами BESIII (треугольники) и измеренным в эксперименте ВаВаг формфактором протона (квадраты). Справа: объем данных (интеграл светимости), набранный на каждом детекторе на ВЭПП-2000 по годам

#### 4. Изучение спектров сверхтяжелых водородов $^7\text{H}$ , $^6\text{H}$ и обнаружение новой моды спонтанного распада с испусканием 4-х нейтронов на фрагмент-сепараторе ACCULINNA-2

Обработаны и опубликованы результаты первой экспериментальной кампании (2018-2020 гг.) фрагмент-сепаратора ACCULINNA-2, посвященной поиску сверхтяжелых изотопов водорода  $^6\text{H}$  и  $^7\text{H}$ . Получены спектры  $^7\text{H}$ , позволяющие разрешить низколежащие состояния этого изотопа. Полученная энергия основного состояния  $^6\text{H}$  требует пересмотра существующих в базах данных результата и является экспериментальным обоснованием того, что основное состояние ядра  $^7\text{H}$  распадается по уникальному «истинно 5-частичному» каналу – то есть с одновременным испусканием четырех нейтронов и тритона (Рис. 29). Это первый доказанный случай существования данной новой моды спонтанного ядерного распада. (Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова ОИЯИ. Авторы: А.А. Безбах, Л.В. Григоренко, А.В. Горшков, С.А. Крупко, И.А.Музалевский, Е.Ю. Никольский, Г.М. Тер-Акопьян, А.С. Фомичев, В. Худоба, П.Г. Шаров).

(Пояснение: Фрагмент-сепаратор ACCULINNA-2 был запущен на ускорителе тяжелых ионов У-400М в эксплуатацию в 2018 г. Это новая установка, являющаяся одной из лучших в мире в своем классе. В 2022 году были завершены обработка и публикация основных результатов первой экспериментальной кампании на ACCULINNA-2, посвященной поиску сверхтяжелых изотопов водорода  $^6\text{H}$  и  $^7\text{H}$  [1-3]. На протяжении примерно 40 лет (с начала 80-х) поиск  $^6\text{H}$  и  $^7\text{H}$  был безуспешным или не приводил к «решительным» результатам, несмотря на значительные усилия экспериментаторов. Это самые экзотические нейтронно-избыточные системы, какие только можно себе представить (соотношение  $A/Z$  равно 6 и 7). В ядре  $^7\text{H}$  замыкается подоболочка  $p_{3/2}$  для изотопов водорода, и, следовательно, в случае его обнаружения открываются новые возможности исследования оболочечной динамики в условиях исключительного дефицита протонов. Существование достаточно долгоживущих более тяжелых изотопов водорода, чем  $^6\text{H}$  и  $^7\text{H}$ , крайне маловероятно. Есть все основания полагать, что распад основного состояния  $^7\text{H}$  имеет уникальную динамику – так называемый «истинно» 5-частичный распад  $^7\text{H} \rightarrow ^3\text{H} + 4n$ .

Были получены энергетические спектры  ${}^7\text{H}$  [1,2], позволяющие разрешить низколежащие состояния этого изотопа. Энергия основного состояния  ${}^6\text{H}$ , полученная в работе [3], является экспериментальным обоснованием того, что основное состояние ядра  ${}^7\text{H}$  распадается по уникальному “истинно” 5-частичному каналу  ${}^7\text{H} \rightarrow {}^3\text{H}+n+n+n+n$  – то есть с одновременным испусканием четырех нейтронов и тритона. Это первый доказанный случай существования данной новой моды спонтанного ядерного распада. Такой класс распадов является дополнением класса “истинно” 3-частичных распадов, впервые предположенных на примере двухпротонной радиоактивности Зельдовичем и Гольданским в начале 1960-х гг.)

Публикации:

1. A.A. Bezbakh et al., Physical Review Letters **124** (2020) 022502 [arXiv:1906.07818].
2. I.A. Muzalevskii et al., Physical Review C **103** (2021) 044313 [arXiv: 2010.09655].
3. E.Yu. Nikolskii et al., Physical Review C **105** (2022) 064605 [arXiv:2105.04435].

Грант РФФ 22-12-00054

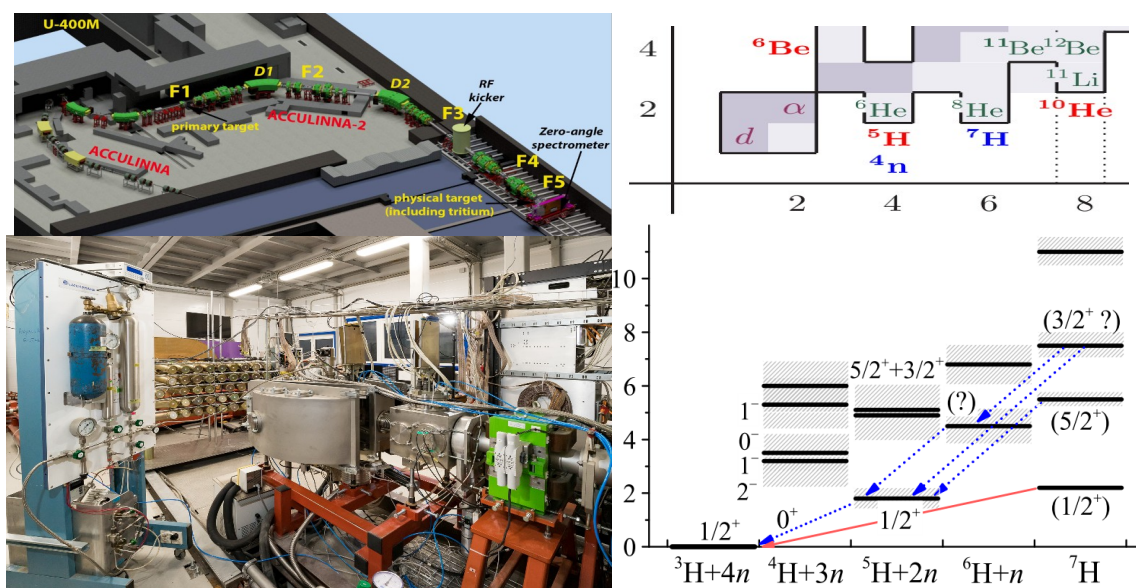


Рис. 29. Слева: Общий вид - фрагмент сепаратора ACCULINNA-2 и низкофононая экспериментальная зона в фокальной точке F5. Справа: Фрагмент карты нуклидов в области  ${}^6\text{H}$ ,  ${}^7\text{H}$  и новая схема свертяжелых уровней изотопов водорода, полученных в экспериментах ОИЯИ

## 5. Энергетический спектр гамма-квантов от Крабовидной туманности по данным астрофизического комплекса TAIGA

В Тункинской долине (в 50 км от озера Байкал) завершено развертывание первой очереди Астрофизического комплекса TAIGA (Tunka Advanced Instrument for cosmic ray physics and Gamma-ray Astronomy). На данный момент Астрофизический комплекс TAIGA – самая северная гамма-обсерватория мирового уровня. В программу наблюдения обсерватории входят источники, время наблюдения которых достаточно большое для северного расположения обсерватории: Крабовидная туманность, Dragonfly Nebula, остатки сверхновых Тихо Браге, СТА-1, G106.3+2.7, источники в туманности Sygnus Cooson, блазары Mrk501, Mrk421 и др. Гамма-источник в Крабовидной туманности наблюдался первым атмосферным черенковским телескопом 150 часов в течение двух сезонов (2019-2020 и 2020-2021). Выделены 563 событий от гамма-квантов в энергетическом диапазоне 5-100 ТэВ. Уровень значимости такого числа событий над фоном заряженных космических лучей составляет 12 сигма. Разработана методика восстановления энергии гамма-квантов по данным только одного атмосферного телескопа. При

восстановлении энергии частиц использовалась процедура, настроенная по М-К расчетам, приводящая к точности определения энергии около 30 %, и позволяющая восстановить энергетический спектр событий (Рис. 30, Рис. 31). Полученный спектр частиц достаточно хорошо совпадает с мировыми данными в области от 5 до 100 ТэВ (**Коллаборация TAIGA: НИИЯФ МГУ, НИИПФ ИГУ, ОИЯИ, НИЯУ МИФИ, ИЯИ РАН, ИЯФ СО РАН, НГУ, ИЗМИРАН, АлтГУ.** Авторы: Кузьмичев Л.А., Свешникова Л.Г., Постников Е.Б., Бонвеч Е.А., Волчугов П.А., Коростелева Е.Е., Лубсандоржиев Н.Б., Осипова Э.А., Попова Е.Г., Просин В.В., Разумов А.Ю., Силаев А.А., Силаев А.А.).

*Публикации:*

1. N Budnev et al ( TAIGA collaboration) TAIGA—A hybrid array for high energy gamma-ray astronomy and cosmic-ray physics, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 1039 (2022) 167047

2. Л.Г. Свешникова, П.А. Волчугов, Е.Б. Постников и др. (коллаборация TAIGA) Энергетический спектр гамма-квантов от Крабовидной туманности по данным астрофизического комплекса TAIGA. Изв. РАН, серия физ. Принято к печати.

Госзадание, тема: «Гамма-астрономия высоких энергий и исследование космических лучей с помощью наземных установок», а также поддержка Минобрнауки России (соглашение ЕВ-075-15-2021-675), Гранты РНФ (проект 19-72-20067), РФФИ (проект №19-02).

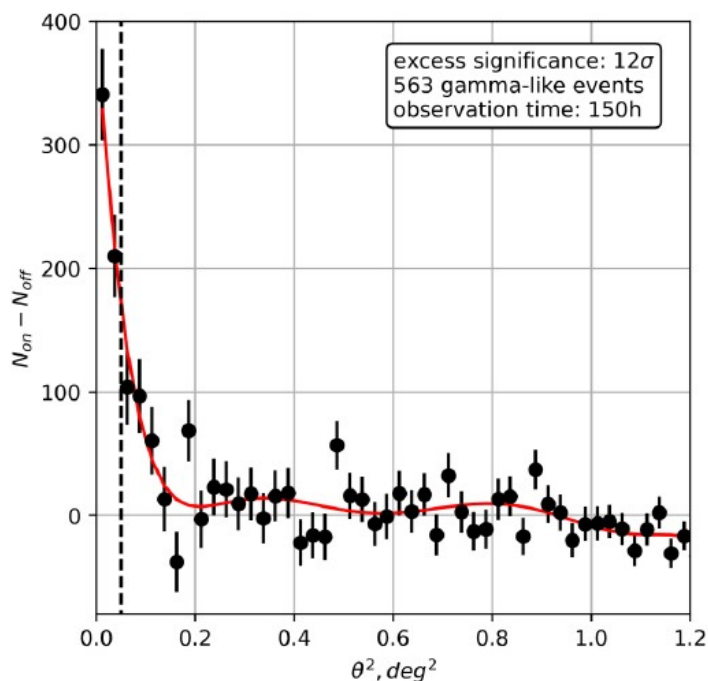


Рис. 30.  $\Theta^2$  - распределение событий после вычитания фоновых событий. Избыток событий над фоном при  $\Theta^2 < 0.05$  град<sup>2</sup> равно 563. Значимость такого превышения над фоном 12 $\sigma$ .  $\Theta$ - угол между направлением на источник и восстановленным направлением прихода события.

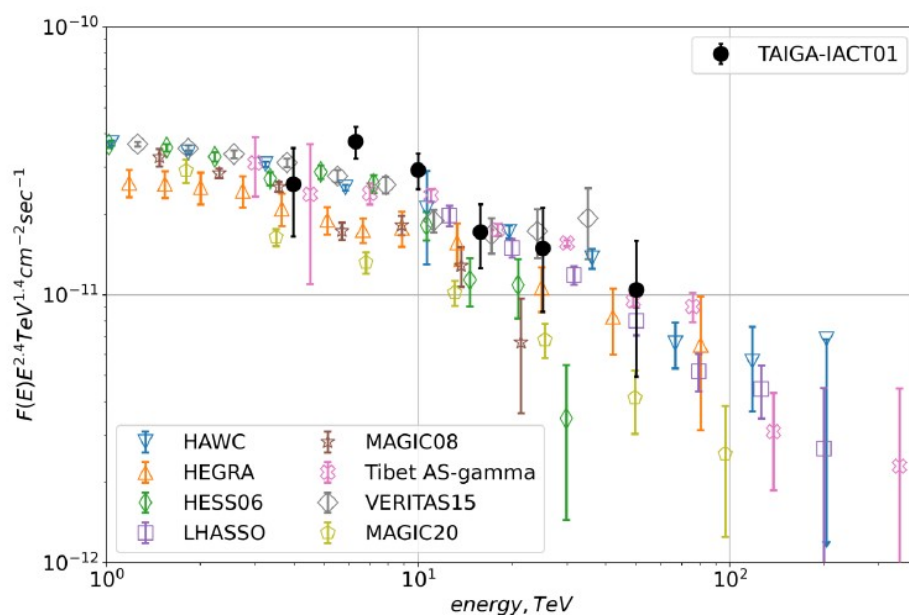


Рис. 31. Восстановленный энергетический спектр гамма-квантов от Крабовидной туманности по данным первого телескопа эксперимента TAIGA в сравнении с результатами измерений других обсерваторий

## 6. «Фабрика сверхтяжелых элементов»

На ускорительном комплексе «Фабрика сверхтяжелых элементов» продолжены эксперименты по синтезу и исследованию свойств сверхтяжелых элементов в реакциях  $^{48}\text{Ca}+^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Am}$ . В результате наблюдалось рекордное для данного типа экспериментов число событий — 238 синтезированных атомов сверхтяжелых элементов. Были изучены свойства распада 33 изотопов тяжелейших элементов. Открыто 5 новых сверхтяжелых нуклидов:  $^{287}\text{Mc}$ ,  $^{264}\text{Lr}$ ,  $^{276}\text{Ds}$ ,  $^{272}\text{Hs}$  и  $^{268}\text{Sg}$ .

На Фабрике сверхтяжелых элементов подготовлен и начат первый эксперимент по химии сверхтяжелых элементов 114 и 112, образуемых в реакции  $^{48}\text{Ca}+^{242}\text{Pu}$ . Основной целью эксперимента является исследование влияния релятивистских эффектов для электронов сверхтяжелого атома на изменение свойств этих элементов в сравнении с их гомологами в Периодической таблице Д.И. Менделеева (Рис. 32). (ОИЯИ. Руководитель: академик РАН Ю.Ц. Оганесян).

### Публикации:

1. Oganessian Yu. Ts., Utyonkov V. K., Ibadullayev D. et al. // Physical Review C. 2022. V. 106. P. 024612.
2. Oganessian Yu. Ts., Utyonkov V. K., Kovrizhnykh N. D. // Physical Review C. 2022. V. 106. P. L031301.
3. Материалы совещания по физике тяжелых ионов, Санкт-Петербург, 3–9 июля 2022 г., <https://indico.jinr.ru/event/3105/>.

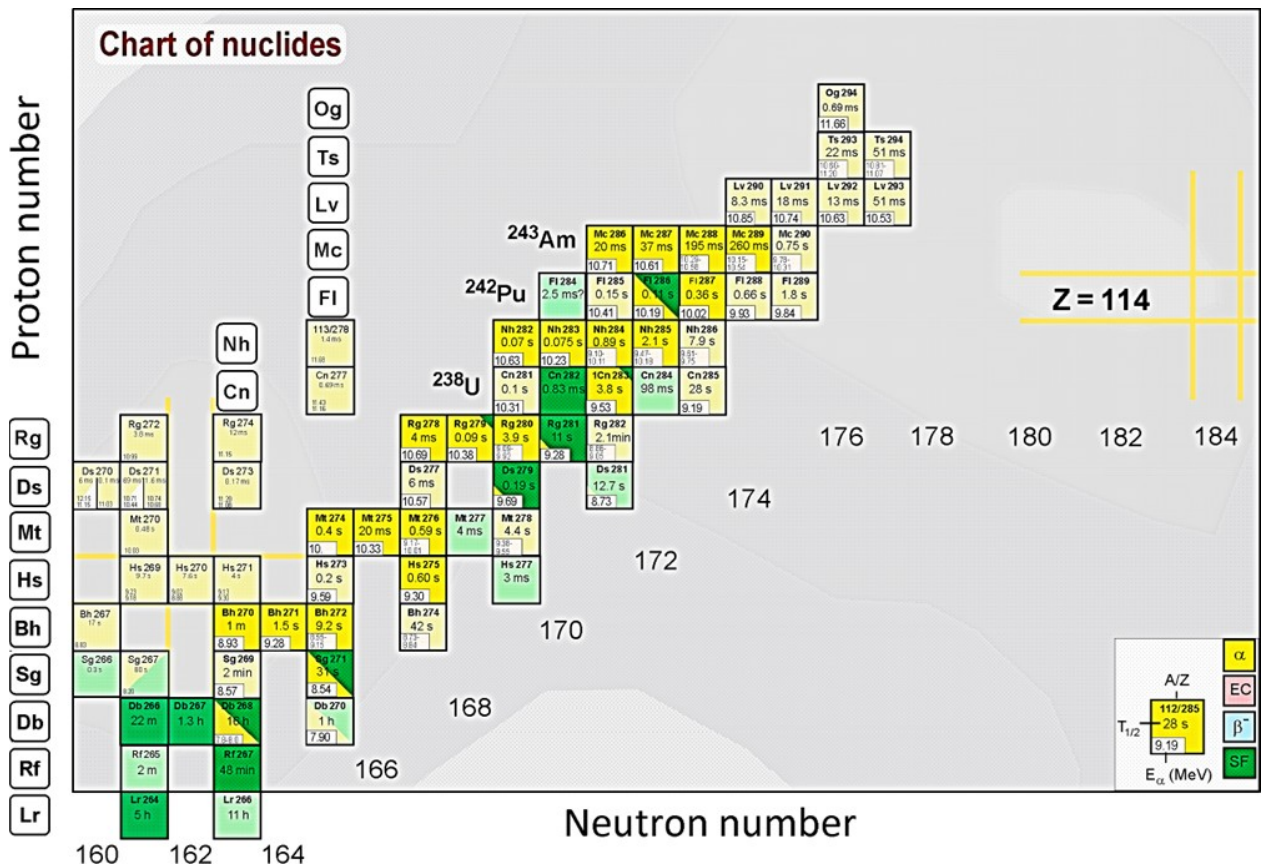


Рис. 32. Сверхтяжелые ядра, полученные в реакции полного слияния  $^{48}\text{Ca}+^{238}\text{U}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Am}$ , отмечены более ярким цветом

## 7. Регистрация фотона уникально высокой энергии от космического гамма-всплеска и теоретическая интерпретация этого наблюдения

Недавний космический гамма-всплеск GRB 221009A на красном смещении  $z=0.151$  стал самым ярким за всю историю наблюдений. Через 4536 секунд после начала вспышки на установке Ковер-2 на Баксанской нейтринной обсерватории был зарегистрирован атмосферный ливень, с большой вероятностью вызванный фотоном с энергией 251 ТэВ с направления этого гамма-всплеска, что является самым высокоэнергичным событием от гамма-всплеска за всю историю наблюдений (Рис. 33, Рис. 34). Фотон столь высокой энергии, как и зарегистрированные экспериментом LHAASO фотоны с энергиями до 18 ТэВ, не мог достичь Земли от столь далекого источника из-за рождения пар на космическом фоновом излучении, ограничивающем длину свободного пробега фотона с энергией около 250 ТэВ размером нашей Галактики. Если зарегистрированные LHAASO и Ковром-2 атмосферные ливни действительно вызваны первичными частицами от GRB 221009A, то для объяснения этого наблюдения потребуются новая физика. Одна из возможностей заключается в существовании гипотетических аксиоподобных частиц (ALP), которые смешиваются с фотонами и не рождают пары. В работе было показано, что ALP-фотонное смешивание в Млечном Пути, но не в межгалактическом пространстве, может объяснить это наблюдение. (ИЯИ РАН. Координаторы работ: «Ковер-2»: Джаппуев Дахир Даниялович, ОТФ: Троицкий Сергей Вадимович)

*Публикации:*

1. D.D. Dzhabpuev, Yu.Z. Afashokov, I.M. Dzaparova, T.A. Dzhatdov, E.A. Gorbacheva, I.S. Karpikov, M.M. Khadzhiev, N.F. Klimenko, A.U. Kudzhaev, A.N. Kurenya, A.S. Lidvansky, O.I. Mikhailova, V.B. Petkov, E.I. Podlesnyi, N.A. Pozdnukhov, V.S. Romanenko, G.I. Rubtsov, S.V. Troitsky, I.B. Unatlov, I.A. Vaiman, A.F.

Yanin, K.V. Zhuravleva. *Swift J1913.1+1946/GRB 221009A: detection of a 250-TeV photon-like air shower by Carpet-2*. Astronomer's Telegram 15669 (2022). <https://www.astronomerstelegram.org/?read=15669>

2. S.V. Troitsky. Parameters of axion-like particles required to explain high-energy photons from GRB 221009A. *Письма ЖЭТФ*, 116 (2022) в печати, arXiv:2210.09250.

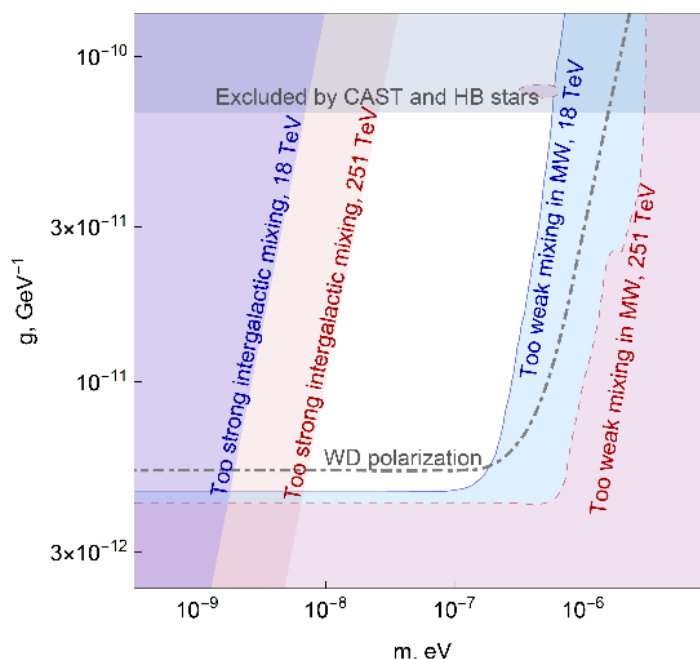


Рис. 33. Пространство параметров аксионоподобных частиц; частица с параметрами в центральной белой области могла бы объяснить наблюдения LHAASO и Ковра-2



Рис. 34 Мюонный детектор установки «Ковер-2», позволяющий выделять редкие ливни от фотонов на фоне большого количества событий от космических лучей.

## 8. Источник электронов для инжектора ЦКП «СКИФ»

Разработан линейный ускоритель инжектора электронов для ЦКП «СКИФ» с энергией 200 МэВ. Успешно завершено создание первого этапа линака с энергией 50 МэВ, который включает в себя источник электронов – СВЧ-пушку, секцию продольной группировки с магнитной системой, предускоритель-

группирователь и первую регулярную ускоряющую структуру (Рис. 35).

СВЧ пушка представляет собой резонатор с катодно-сеточным узлом на основе диспенсерного термоэмиссионного катода. Управление током эмиссии происходит импульсами напряжения в зазоре между катодом и сеткой длительностью около 100 нс, которые формируются модулятором с отпирающим напряжением до  $-120$  В и частотой до 178.5 МГц. Схема позволяет формировать различные последовательности ступков, включая одноступковый режим, а также управлять зарядом эмиссии. Получен пучок на выходе канала группировки с энергией около 1 МэВ, измерены параметры источника электронов, которые соответствуют проектным (ИЯФ СО РАН. Авторы: А.М. Батраков, В.Н. Волков, А.А. Кондаков, А.Е. Левичев, О.И. Мешков, А.В. Павленко, А.М. Семенов).

*Публикация:*

1 Andrianov A., Arsenyeva M., Barnyakov A., Chekmenev D., Levichev A., Meshkov O., Nikiforov D., Pavlov O., Pivovarov I., Samoylov S., Volkov V. Development of 200 MeV linac for the SKIF light source injector. *Journal of Instrumentation*, V. 17, Iss. 2. February 2022.

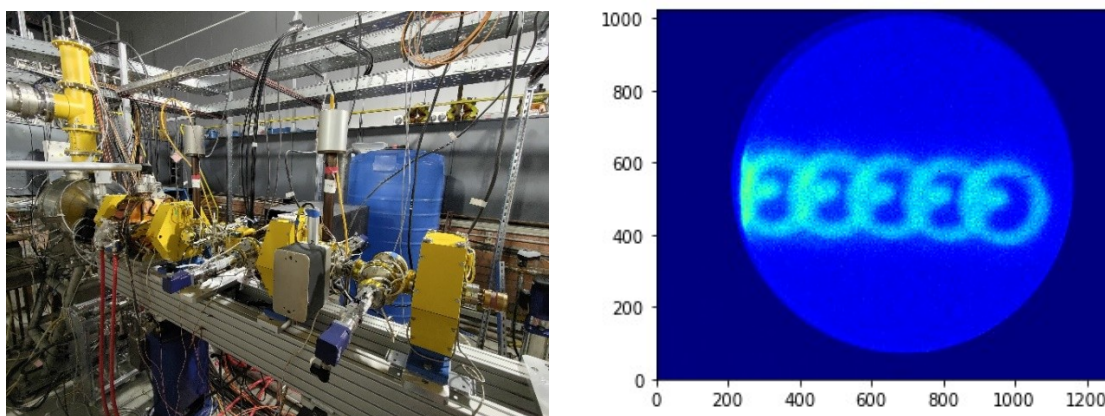


Рис. 35. Слева: СВЧ-пушка с каналом группировки. Справа: изображение пяти ступков электронов на стрик-камере

## 9. Комплекс ускорителей тяжелых ионов

Завершено создание комплекса ускорителей тяжелых ионов, включающего в себя источник электронно-струнного типа, линейный ускоритель тяжелых ионов, промежуточный сверхпроводящий синхротрон — бустер, основной ускоритель комплекса NICA—нуклотрон, и все связывающие их каналы транспортировки пучка. В 2022 г. на комплексе осуществлено ускорение ионов углерода, аргона и ксенон (Рис. 36). На пучках аргона проведено испытание станции облучения устройств микроэлектроники (СОЧИ — Станция Облучения ЧИпов). Начаты эксперименты на фиксированных мишенях. В ходе весеннего сеанса продолжительностью более 2000 часов на пучках углерода с энергией 3 ГэВ/н проведены эксперименты по программе исследования короткодействующих корреляций нуклонов в ядрах.

Завершена подготовка к проведению экспериментов и получена рекордная интенсивность на выведенных пучках ускоренных ионов ксенона. Помимо инъекции в коллайдер пучков ионов вплоть до золота и висмута, комплекс обеспечит решение многих физических и прикладных задач (ОИЯИ).

*Публикации:*

1. Butenko A. et al. First Experiments with Accelerated Ion Beams in the Booster of the NICA Accelerator Complex // *Proceedings of IPAC 2021*, 2021.

2. Syresin E. et al. NICA Ion Collider and Plans of its First Operations // *Proceedings of IPAC 2022*, 2022.



Рис. 36. Цикл магнитного поля нуклотрона и интенсивность пучка ядер ксенона, измеренная параметрическим трансформатором тока, в процессе настройки для эксперимента VM@N.

Интенсивность ускоренного пучка примерно  $10^7$  частиц

## 10. Инновационный неинвазивный метод мюнографии для исследования объектов культурного наследия

Выполнены первые в России эксперименты по исследованию методом мюнографии с эмульсионными детекторами скрытой структуры объектов культурного наследия. Мюнография дает возможность изучать их структуру без непосредственного проникновения внутрь объекта по регистрации степени поглощения в нем потоков атмосферных мюонов. При исследовании зданий и территории Свято-Троицкого Данилова монастыря в г. Переславль-Залесский Ярославской обл. обнаружены неизвестные пустые комнаты в подвалах и значительное уплотнение строительных конструкций (Рис. 37). Обнаружены большие пустоты под землей на территории монастыря, которые могут быть древними криптами.

Авторские методические подходы и технические решения имеют огромное значение с точки зрения дальнейших внедренческих перспектив эффективного, экономичного и экологически безопасного метода мюнографии с целью сохранения объектов культурного наследия, создания систем мониторинга крупных, вплоть до километрового размера, проблемных объектов для предупреждения и минимизации последствий возможных природных и техногенных катастроф для населения, инфраструктуры и окружающей среды (ФИАН, НИТУ МИСиС, НИЯУ МИФИ, Московская духовная академия Русской Православной Церкви, НИИЯФ МГУ. Авторы: Александров А.Б., Васина С.Г., Гиппиус А.А., Грачев В.М., Коновалова Н.С., Королев П.С., Ларионов А.А., Манагадзе А.К., Мельниченко И.А., Окатьева Н.М., Полухина Н.Г., Роганова Т.М., Садыков Ж.Т., Старков Н.И., Старкова Е.Н., Тюков В.Э., Чернявский М.М., Шевченко В.И., Щедрина Т.В.).

*Публикации:*

1. N. S. Konovalova, N. M. Okateva, N. G. Polukhina, Zh. T. Sadykov, N. I. Starkov, E. N. Starkova, M.



M. Chernyavsky, T. V. Shchedrina et al. A Noninvasive Muonography-Based Method for Exploration of Cultural Heritage Objects. *Physics of Particles and Nucle.* 2022. V. 53, № 6, pp. 1146–1175. DOI 10.1134/S1063779622060028.

2. A.B.Aleksandrov, S.G.Vasina, V.I.Galkin et al. Muon radiography of large natural and industrial objects -a new stage in the nuclear emulsion technique. *J. Exp. Theor. Phys.* 134, 506-510 (2022). DOI: 10.1134/S106377612204001X.

Госзадание, тема «Физика фундаментальных взаимодействий, ядерная и нейтринная физика, физика элементарных частиц, космических лучей и атмосферных процессов, гамма-астрономия, темная материя».

В 2022 году работа получила премию Макариевского фонда.

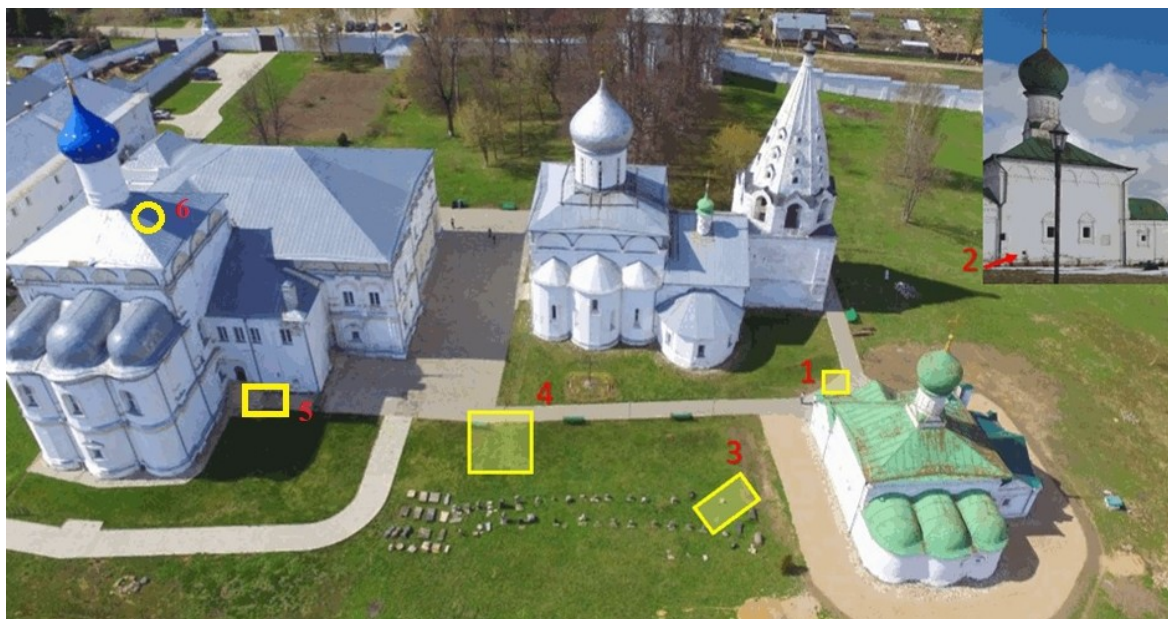


Рис. 37. Несколько обнаруженных объектов на территории монастыря: 1,3,4 –подземные полости – крипты («нижняя церковь»); 2. келья между подвалом и первым этажом церкви; 5 – подклеть (в замурованном подвале); 6– замурованный воздуховод (в подвале)

# Нанотехнологии и информационные технологии

## Состояние и прогноз развития:

### В области информационных технологий и автоматизации

В сложившейся в последнее время международной ситуации наиболее актуальное значение приобретает необходимость решения проблемы зависимости от иностранного программного обеспечения. Используемые операционные системы, системы управления базами данных, офисные пакеты имеют иностранное происхождение. Они либо являются полностью закрытыми и коммерческими, либо 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, способных существенно ускорить процесс создания новых программ, вплоть до разработки методов искусственного интеллекта, предназначенных для понимания и синтеза программ. Прорыв в этом направлении позволит быстро разработать любое программное обеспечение на новом уровне функциональных возможностей и надёжности.

Не менее важной задачей является развитие нейронных сетей. Благодаря применению графических ускорителей для нейросетевых вычислений произошёл качественный переход, приведший к увеличению на несколько порядков объёмов используемых нейронных сетей, что позволило решать ряд задач, алгоритмов для решения которых ранее не существовало. 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.

Достигнут существенный прогресс в создании новых методов искусственного интеллекта, в первую очередь машинного обучения. Разработаны алгоритмы, позволяющие 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.

Надо отметить, что внедрение технологий искусственного интеллекта требует учитывать ряд возникающих рисков и новых угроз. Помимо классических уязвимостей программного обеспечения, технологии искусственного интеллекта являются источниками новых типов ошибок и уязвимостей, которые предоставляют иные возможности для проведения атак злоумышленниками. Очень важно сейчас исследовать математические аспекты безопасности искусственного интеллекта и применять криптографию.

Проведение фундаментальных исследований в области систем искусственного интеллекта позволит решать сложные задачи хаотической динамики и управления, создавать новые аналитико-компьютерные технологии исследований, получать решения сложных нелинейных систем дифференциальных уравнений, описывающих многочисленные естественнонаучные и социально-экономические процессы.

Продолжают быть актуальными работы по созданию природоподобных и человекоподобных систем, реализующих основы искусственного интеллекта. Такие системы, в отличие от случая, когда удается реализовать точные математические алгоритмы, должны позволить решать алгоритмически не сформулированные задачи. В области автоматизации и процессов управления это позволит создавать машинные комплексы и сложные системы «человек-машина-среда», обеспечивающие живучесть и безопасность машин и сложных технических систем.

К важнейшим задачам относятся исследования в области создания теоретико-методологических

основ и информационных технологий системного анализа для исследования социально-экономических процессов, а также технологий информационной безопасности.

На первый план выходит проведение фундаментальных исследований в следующих направлениях:

- Новые программные средства следующего поколения, их архитектура и информационная безопасность, системное программирование.

- Искусственный интеллект.

- Квантовые компьютеры, квантовая информатика и криптография.

- Системы автоматизированного проектирования для перспективной элементной базы.

- Технологии построения и функционирования человеко-машинных сообществ.

- Природоподобные и комбинированные когнитивные машины, нейроинформатика и биоинформатика.

- Теория систем управления и информационно-управляющих систем, методы и средства управления многоуровневыми и распределенными динамическими системами в условиях неполной информации.

- Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов.

- Теория информации, научные основы информационно-вычислительных систем и сетей, информатизация общества.

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

Большое технологическое отставание в области производства вычислительной техники ставит первостепенной задачей создание 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, параллельных вычислений, обработки 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, так же 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.

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 постоянных токах, 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 создания 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, решения обратных задач 3D-распределения электрофизических характеристик биологических сред. Ведутся работы по существенному уменьшению массогабаритных характеристик магниторезонансных томографов за счет уменьшения напряжённости магнитного поля и одновременного увеличения чувствительности датчиков его измерения с помощью использованию СКВИДов. 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.

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, созданию соответствующих генераторов и усилителей.

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 другим видам воздействия.

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.

Дальнейшее развитие фундаментальных исследований будет осуществляться в следующих направлениях:

- Твердотельная электроника.
- Элементная база микро- и нанoeлектроники, включая силовую, радиационно-стойкую, МЭМС.
- Опто-, радио-, акустоэлектроника, акустооптика, оптическая и СВЧ-связь, лазерные технологии, плазмоника и спинтроника, инфракрасная техника и фотоника.
- Квантовые компьютеры и квантовые вычисления.
- Высокопроизводительные энергоэффективные вычислительные системы.
- Геоинформационные технологии и системы, локационные системы.

### **В области нанотехнологий**

Исследования в области нанотехнологий открыли принципиально новые возможности для разработки новых технологий синтеза и диагностики наноструктурированных, гибридных и природоподобных материалов; изучения вещества в экстремальных условиях; перехода от классических дифракционных методов исследования атомной структуры к трехмерной визуализации атомной структуры разупорядоченных и частично упорядоченных субмикронных объектов; исследования молекулярно-биологических и нейрофизиологических процессов в живых системах; изучения структуры белков, биологических клеток и мембран, включая их структурную динамику.

Разработана отечественная технология выращивания гетероструктур на основе нитрида галлия для СВЧ транзисторов на сверхвысокоомных эпитаксиальных структурах кремния, а также технология изготовления кристаллов светодиодов с удалением подложки для увеличения эффективности вывода света.

Синхротронные и нейтронные методы нанодиагностики, поддержанные развитием суперкомпьютерных технологий моделирования сложных наноразмерных биологических систем, обеспечили создание новых прорывных природоподобных технологий. Создание синхротронных источников со сверхмалым эмиттансом сегодня является мировым трендом и обеспечивает странам, реализующим проекты таких установок, технологическое лидерство и независимость.

Научным прорывом бионанотехнологий является создание вакцин против COVID-19. Эти достижения в создании вакцин были бы невозможны без готовности мирового научного сообщества в области нанотехнологий. Слияние сил ведущих нанотехнологов, молекулярных биологов, вирусологов и врачей позволило создать реально работающие вакцины от COVID-19 с беспрецедентной скоростью и эффективностью.

Дальнейшее развитие фундаментальных исследований в области нанотехнологий будет проходить по следующим основным направлениям:

- Материалы для микро- и наноэлектроники, включая аддитивные нанотехнологии, наностереолитография для наноэлектроники, оптоэлектроники.
- Наночастицы для биофотоники, биовизуализации, биомедицины, медицинской диагностики и терапии. Нанотехнологии для создания биочипов, биомолекулярные сенсоры.
- Методы нанодетекции и нанодиагностики заболеваний. Разработка нанолекарств и нановакцин и механизмов их адресной доставки. Применение лазерных и нанотехнологий в клеточных и геномных исследованиях, а также для клеточной инженерии.
- Структурная диагностика материалов и диагностика динамики нестационарных состояний с высоким пространственным и временным разрешением. Применение электронных, нейтронных, оптических и рентгеновских пучков сверхкороткой длительности и высокой интенсивности для создания и исследования наноструктур и биологических молекул.
- Элементная база для перспективных информационно-вычислительных систем, работающих на новых физических принципах.
- Разработка методов литографии сверхвысокого разрешения для технологий микро- и наноэлектроники.

**Важнейшие результаты за 2022 год научных организаций, находящихся под научно-методическим руководством ОНИТ РАН**

## Секция информационных технологии и автоматизации

### **1. Аппаратный базис реализации надежных суперкомпьютеров на основе сбоеустойчивой самосинхронной схемотехники и средств их автоматизированного проектирования**

Разработаны методы и библиотеки проектирования сбоеустойчивых самосинхронных (СС) вычислительных систем, апробированные на математическом сопроцессоре – СС-умножителе с накоплением с высокой степенью параллельных процессов (более 1000). Его проверка на самосинхронность была обеспечена собственными программными средствами СС-анализа (Рис. 38). Уровень сбоеустойчивости сопроцессора в 1,9 раза выше, чем у синхронных аналогов. Предложена методология сравнительного численного анализа уровня сбоеустойчивости синхронных и СС-схем. Разработаны схемотехнические и топологические методы повышения сбоеустойчивости вычислительно-управляющих СС-систем, увеличивающие время их бессбойной работы в сравнении с синхронными аналогами: комбинационных – до 4,0 раз, последовательностных – до 7,1 раза (Рис. 39). Библиотека СС-элементов полностью защищена патентами: 39 патентов РФ и 2 патента США.

Организация: **ФИЦ ИУ РАН.**

Авторы: Дьяченко Ю.Г., Рождественский Ю.В., Соколов И.А., Степченков Ю.А.

*Публикации:*

1. Sokolov I. A., Stepchenkov Y. A., Rogdestvenski Y. V., Diachenko Y. G. Approximate Evaluation of the Efficiency of Synchronous and Self-Timed Methodologies in Problems of Designing Failure-Tolerant Computing and Control Systems // Automation & Remote Control, 2022. 83(2): 264–272.
2. Степченков Ю.А., Дьяченко Ю.Г., Рождественский Ю.В., и др. Самосинхронный троичный сумматор с повышенной сбоеустойчивостью // Известия вузов. Электроника, 2022. 27(5): 624–634.
3. Sokolov I.A., Stepchenkov Y.A., Rogdestvenski Y.V., Diachenko Y.G., Diachenko D.Y., Rogdestvenskene A.V. Self-Timed Fused Multiply-Add Unit Performance Improvement // 2022 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) St. Petersburg, Moscow, Russia, January 25-28, 2022. P. 459-463.

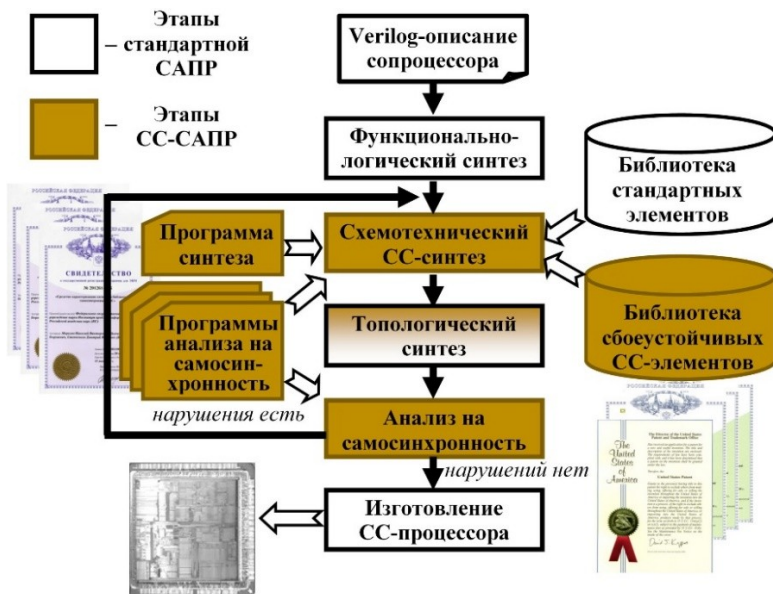


Рис. 38. Интеграция подсистем автоматизированного проектирования СС-схем в САИР синхронных СБИС

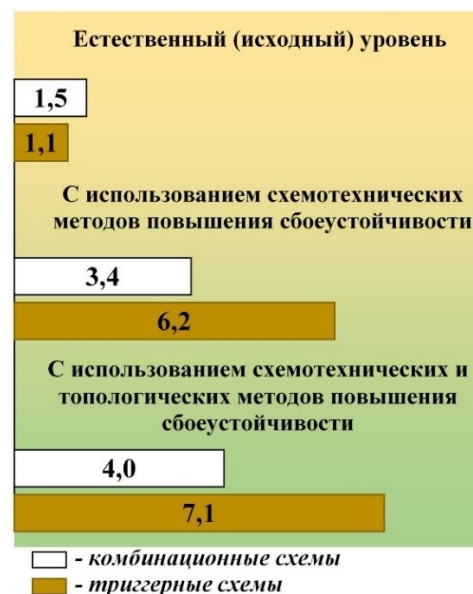


Рис. 39. Преимущество СС-схем в сравнении с синхронными аналогами по уровню сбоеустойчивости

## 2. Космические эксперименты по гиперспектральному дистанционному зондированию Земли на основе Кубсатов

Разработана и экспериментально исследована в космосе полезная нагрузка для наноспутников для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) формата Кубсат 3U ( $U=10 \times 10 \times 10 \text{ см}^3$ ): видеокамера с объективом на основе дифракционной гармонической линзы и наземной нейросетевой коррекцией полученных изображений выведена на орбиту 22 марта 2021 года на наноспутнике МИЭМ-ВШЭ «Cube SX Sirius HSE»; гиперспектрометр видимого диапазона на основе модифицированной схемы Оффнера, имеющий 190 спектральных каналов, выведен на орбиту 9 августа 2022 года на наноспутнике «ИСОИ». Полученные в ноябре 2022 года со спутника «ИСОИ» гиперспектральные данные позволили рассчитать ряд важных вегетационных индексов (Рис. 40). Эксперименты показали перспективность использования наноспутников формата Кубсат 3U для точного земледелия и в образовательном процессе. Результаты исследования являются основой для развертывания отечественной группировки наноспутников, обеспечивающей оперативное получение данных дистанционного зондирования Земли для отраслей экономики Российской Федерации.

Организация: ИСОИ РАН – филиал ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН

Авторы: Ивлиев Н.А., Казанский Н.Л., Никоноров А.В., Скиданов Р.В., Соيفер В.А.

Публикация:

Ivliev N., Evdokimova V., Podlipnov V., Petrov M., Ganchevskaya S., Tkachenko I., Abrameshin D., Yuzifovich Y., Nikonorov A., Skidanov R., Kazanskiy N., Soifer V. First Earth-Imaging CubeSat with Harmonic Diffractive Lens // Remote Sensing, 2022, Vol. 14(9), Art. No. 2230. <https://doi.org/10.3390/rs14092230>; IF=5,349.

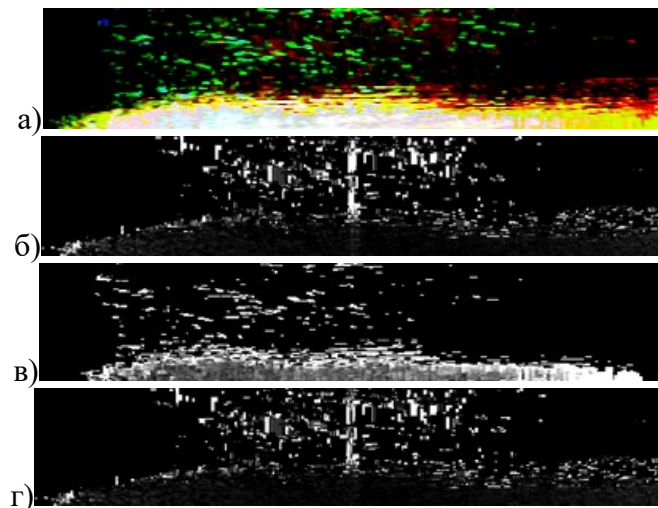


Рис. 40. Гиперспектральные данные, полученные со спутника «ИСОИ»: цветосинтезированное изображение (а); вегетационный индекс  $NDVI_{0.705}$  (б) показывает наличие зеленой массы; вегетационный индекс PRI (фотохимический индекс отражения, в местах максимума индекса растительность находится в стрессовом состоянии) (в); первый индекс красного края Вогельмана (VOG1) определяет концентрацию хлорофилла в растениях (г)

### 3. Модели, методы и программные средства анализа данных социальных сетей для оценивания характеристик участников различных сообществ и интенсивности эпизодов их поведения

Разработаны модели и методы автоматизированного извлечения, обработки, унификации и представления извлекаемых из социальных сетей данных, позволяющих оценить психологические, поведенческие и иные личностные особенности пользователей, определить интенсивность их рискообразующего поведения с учетом неполноты и неточности данных об эпизодах этого поведения. Разработан принципиально новый программный инструментарий, обеспечивающий снижение размерности параметрического пространства характеристик участников различных сообществ, применяемый для агрегации и синтеза сведений о выраженности личностных, поведенческих особенностей пользователей (Рис. 41), которые используются в качестве предикторов для анализа защищенности от социоинженерных атак, ресоциализации прошедших боевые действия, профориентирования и т.п.

Организация: **СПИИРАН**

Авторы: Абрамов М.В., Тулупьева Т.В., Юсупов Р.М.

*Публикации:*

1. Олисеенко В.Д., Абрамов М.В., Тулупьев А.Л., Иванов К.А. Прототип программного комплекса для анализа аккаунтов пользователей социальных сетей: веб-фреймворк Django // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. № 1. С. 45–53. DOI: 10.15827/0236-235X.137.

2. Абрамов М.В., Тулупьева Т.В., Тулупьев А.Л., Бушмелев Ф.В. Цифровизация публичного управления: социоинженерные риски // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. Том 13. Выпуск 1(53). С. 5–17.

3. Sokolov B. V., Yusupov R. M. Scientific Basis of Management and Cybernetics Methodologies Integration // International Conference System Analysis In Engineering And Control. – Springer, Cham, 2022. – pp. 52–59.



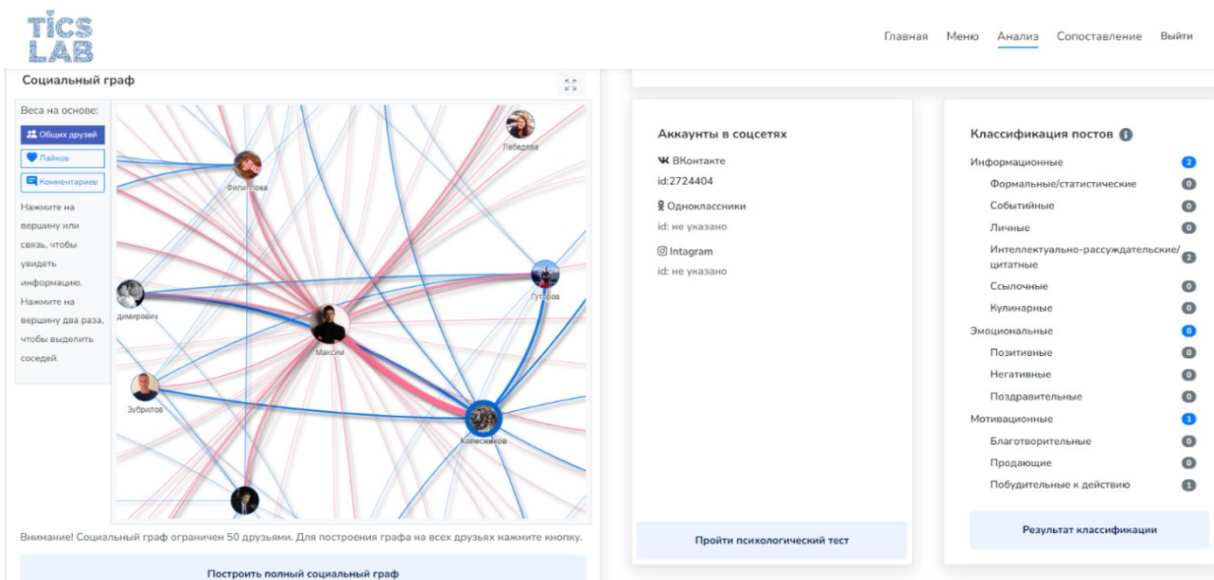


Рис. 41. Интерфейс веб-фреймворка, предназначенного для агрегации и синтеза сведений о выраженности личностных, поведенческих особенностей пользователей

#### 4. Метод мультискважинной деконволюции данных о дебите и давлении нефтяных скважин с помощью CRM-моделей с учетом обводнения исследуемых скважин

Работа посвящена задаче мультискважинной деконволюции данных о дебите и забойном давлении обводняющихся нефтяных скважин. Ранее мультискважинная деконволюция для обводняющихся скважин считалась невозможной, поскольку в процессе обводнения изменяется модель течения. В качестве инструмента для решения задачи была создана специальная CRM-модель. Предложено 6 разных способов учета обводнения в модели. Разработанный метод позволяет определять фильтрационно-емкостные свойства пласта в околоскважинном и межскважинном пространствах, восстанавливать динамику пластового давления, анализировать взаимовлияние скважин, прогнозировать работу скважин. Метод показал хорошие результаты при тестировании на теоретических и промысловых данных (Рис. 42).

Метод имеет высокую практическую значимость для анализа, контроля и регулирования разработки нефтяных месторождений при заводнении. Он позволяет обеспечить выполнение проектных показателей разработки нефтяных месторождений (что является актуальной проблемой отрасли) и повысить нефтеотдачу.

Организация: **ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН**

Авторы: Афанаскин И.В., Бетелин В.Б., Вольпин С.Г., Глушаков А.А., Колеватов А.А., Крыганов П.В., Ялов П.В.

*Публикации:*

1. Afanaskin I.V., Kryganov P.V., Volpin S.G., Kolevatom A.A., Glishakov A.A., Yalov P.V. Multi-well deconvolution issue solving for producing well with increasing water-cut through CRM-model application // Journal of Petroleum Science and Engineering (WoS Q1) - 2022. – Vol. 215. 110679. DOI 10.1016/j.petrol.2022.110679.

2. Афанаскин И.В., Крыганов П.В., Ахапкин М.Ю., Дяченко А.Г., Чен-лен-сон Ю.Б., Штейнберг Ю.М. Применение CRM-модели для мультискважинной деконволюции данных о дебите и забойном давлении обводняющейся скважины // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений - 2022. - №10 (370). – С. 44-56. DOI 10.33285/2413-5011-2022-10(370)-44-56.

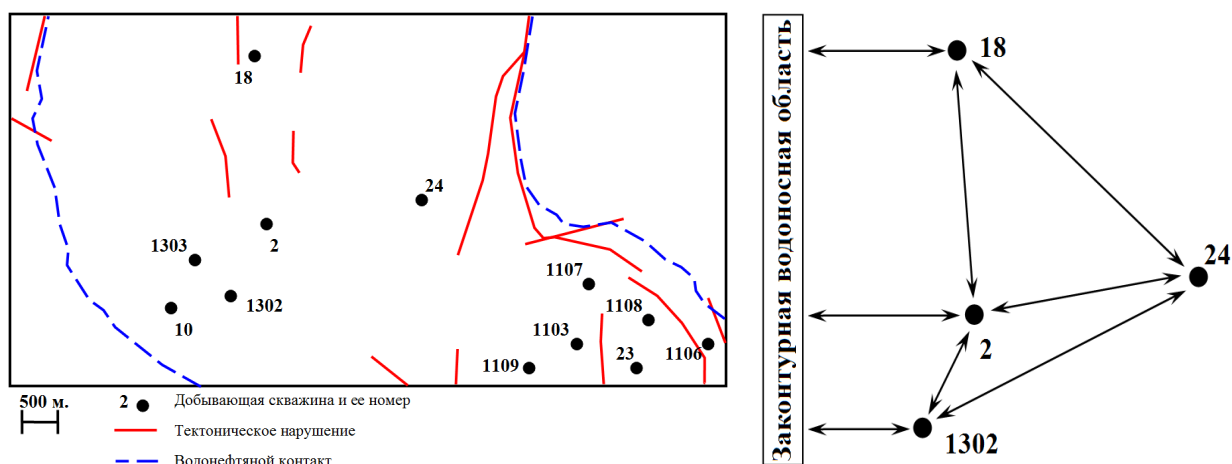


Рис. 42. Промысловый пример – нефтяное месторождение в республике Коми. Схема расположения скважин и границ (слева) и схема связей в CRM-модели (справа)

## 5. Технология создания цифровых двойников для описания процессов работы инфраструктурных объектов

Предложена новая технология создания цифровых двойников для описания процессов работы инфраструктурных объектов Байкальской природной территории, использующих природосберегающее оборудование (Рис. 43). Она ориентирована на исследование, прогнозирование и оптимизацию технологических, экономических и экологических показателей работы объектов на основе анализа потоков предметных данных в среде моделирования. Суть и новизна технологии по сравнению с известными заключаются в интеграции методов факторного анализа, многокритериальной оптимизации, искусственного интеллекта, инженерии знаний, концептуального и сервис-ориентированного программирования, обработки больших данных, распределенных вычислений и мультиагентных систем.

Организация: **ИДСТУ СО РАН**

Авторы: Башарина О.Ю., Бычков И.В., Горский С.А., Костромин Р.О., Сидоров И.А., Феоктистов А.Г.

*Публикации:*

1. Feoktistov A., Gorsky S., Kostromoin R., Fedorov R., Bychkov I. Integration of Web Processing Services with Workflow-Based Scientific Applications for Solving Environmental Monitoring Problems // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2022. Vol. 11, № 1. P. 8. (WoS: Q2, JSR: IF 3.099; Scopus: Q1, SJR: IF 0.721).

2. Bychkov I.V., Feoktistov A.G., Gorsky S.A., Kostromin R.O., Fedorov R.K. Automation in Integrating Web Processing Services of Environmental Monitoring Data with Distributed Scientific Applications // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2022. Vol. 58, № 4. P. 373–379. (Scopus: Q3, SJR: IF 0.219).

3. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Башарина О.Ю., Сидоров И.А. Моделирование работы природосберегающего оборудования инфраструктурных объектов в микросервисной среде // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27, № 5. С.30–42. (Scopus: Q4, SJR: IF 0.218, Q4).

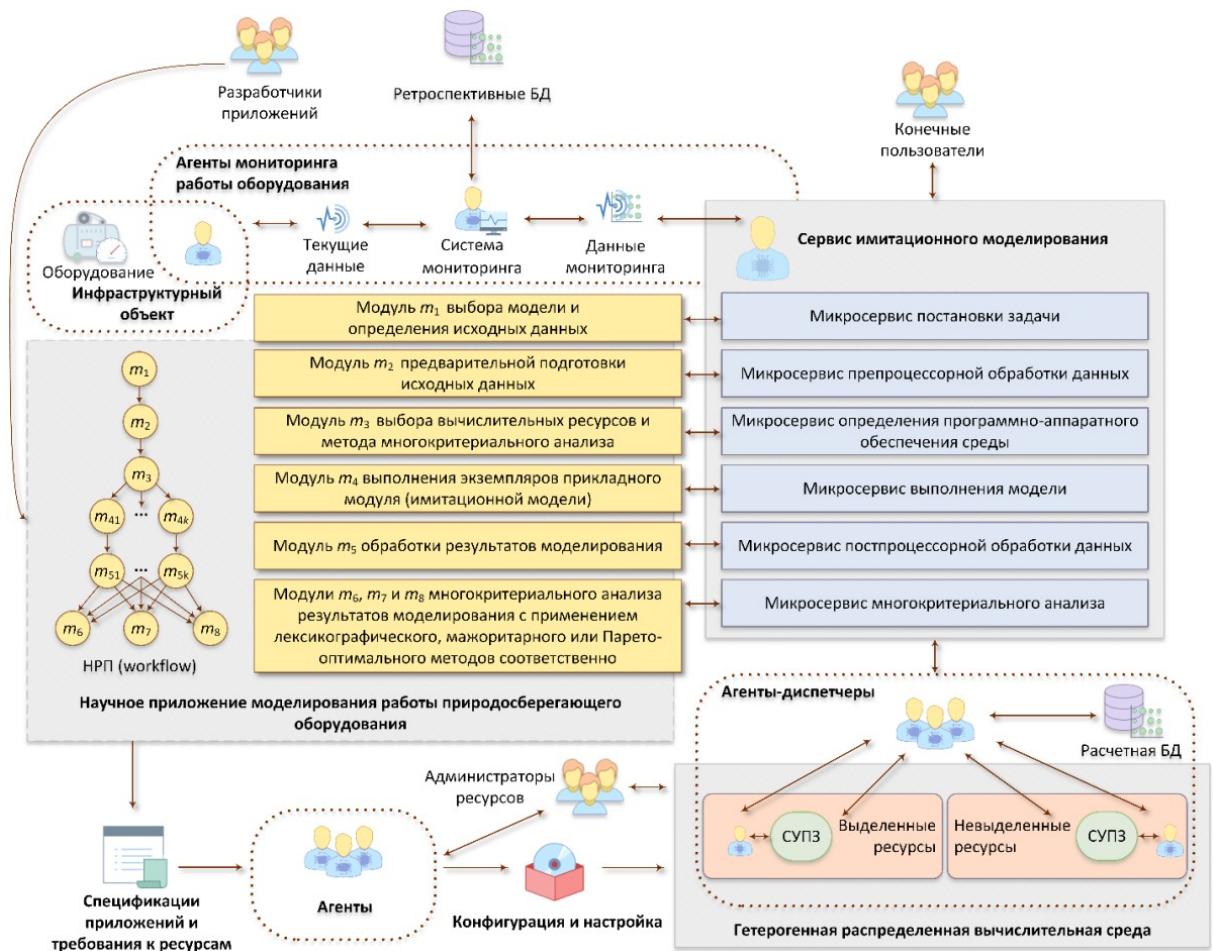


Рис. 43. Схема создания и применения цифровых двойников

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

**1. Динамика трехфотонного лазерного возбуждения мезоскопических ансамблей холодных ридберговских атомов рубидия**

Впервые исследована временная динамика трехфотонного лазерного возбуждения  $5S_{1/2} \rightarrow 5P_{3/2} \rightarrow 6S_{1/2} \rightarrow 39P_{3/2}$  мезоскопических ансамблей холодных атомов Rb в ридберговские состояния в магнитооптической ловушке с использованием на каждой ступени непрерывных одночастотных лазеров. Ансамбли состояли из  $N=1-5$  атомов и регистрировались методом селективной полевой ионизации с постселекцией по числу атомов. Измерена зависимость вероятности возбуждения от длительности возбуждающих лазерных импульсов и числа регистрируемых ридберговских атомов (Рис. 44). При малых временах взаимодействия наблюдался линейный рост вероятностей, а при больших временах вероятности выходили на насыщение, при этом для каждого числа атомов имелись свои особенности. Проведено сравнение экспериментальных зависимостей с результатами численных расчетов в рамках четырехуровневой модели и получено их хорошее согласие. Определены условия, необходимые для наблюдения осцилляций населенностей Раби. Полученные результаты важны для реализации двухкубитовых квантовых операций на основе взаимодействий ридберговских атомов.

Организация: **ИФП СО РАН.**

**Авторы:** Бетеров И.И., Рябцев И.И., Третьяков Д.Б., Энтин В.М., Якшина Е.А.

*Публикация:*

Д.Б. Третьяков, В.М. Энтин, Е.А. Якшина, И.И. Бетеров, И.И. Рябцев. Динамика трехфотонного лазерного возбуждения мезоскопических ансамблей холодных атомов рубидия в ридберговские состояния.

Квантовая электроника, т. 52, в. 6, с. 513-522, 2022.

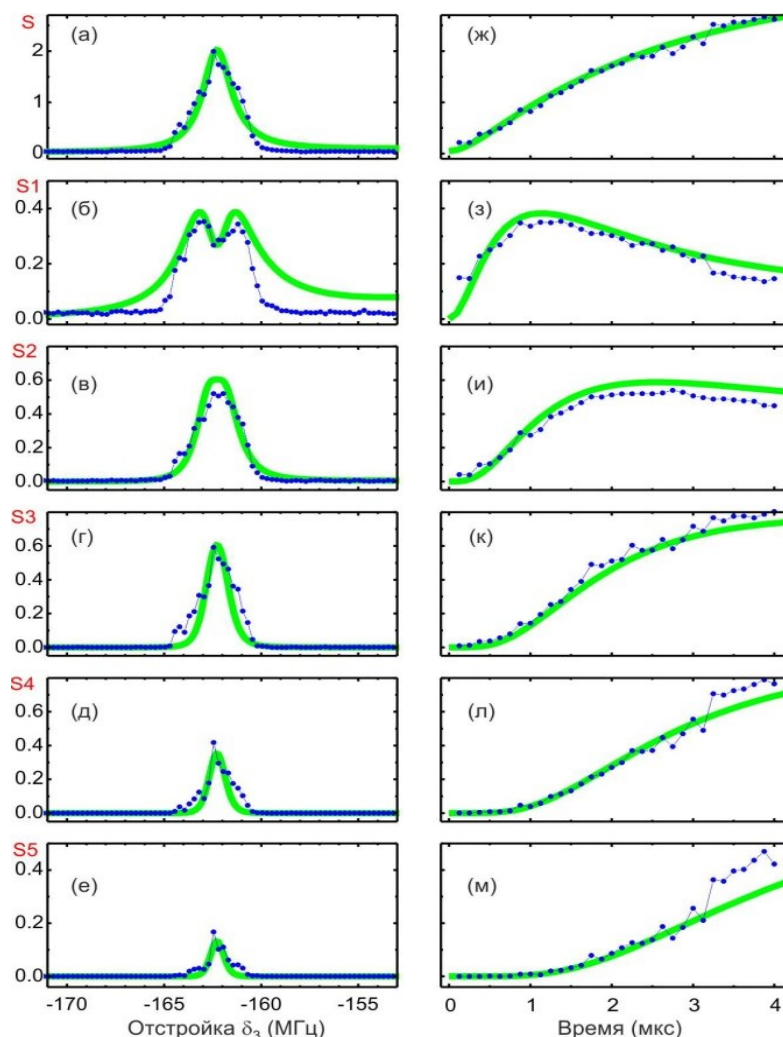


Рис. 44. (а)-(е) Точками изображены экспериментальные записи спектров трехфотонного лазерного возбуждения ридберговского состояния  $^{39}P_{3/2}$  при сканировании отстройки  $\delta_3$  лазера третьей ступени и времени взаимодействия  $t = 4$  мкс. Запись S представляет собой сигнал, соответствующий среднему числу ридберговских атомов, регистрируемых на лазерный импульс.

Записи  $S_1$ - $S_5$  представляют собой спектры возбуждения мезоскопических ансамблей с определенным числом ридберговских атомов  $N=1-5$ . Их сумма дает полный измеряемый сигнал S. Сплошные кривые – результат численного моделирования при трехфотонной частоте Раби  $\Omega/(2\pi) = 0,2$  МГц, среднем числе атомов  $N_0=10$  и вероятности их регистрации  $T=0,6$ . (ж)-(м) То же самое для амплитуды резонансов в центре линии перехода в зависимости от времени возбуждения при  $N_0=13$ .

## 2. Ранняя диагностика рака кожи и внутренних органов на базе технологий радиофотоники

На базе технологий радиофотоники предложен, обоснован и разработан новый метод диагностики

рака и других патологий кожных покровов и внутренних органов, а также диабета с использованием принципа многоспектральной обработки световых полей и изображений при последовательном программно-управляемом облучении светом с большим количеством длин волн. Разработан и изготовлен лабораторный экспериментальный макет (Рис. 45), на котором впервые проведен комплекс исследований на пациентах с различными видами кожных новообразований и повреждений, подтвердивший работоспособность и эффективность предложенного метода. Впервые показана целесообразность использования высокоселективных акустооптических перестраиваемых фильтров при формировании облучающего пучка света, что позволяет за счет значительного увеличения числа используемых для анализа длин волн обеспечить быстроедействие процесса и высокую достоверность диагностики, в частности рака внутренних органов гибридными эндоскопами (Рис. 46).

Организация: **ФГБУН «Институт аналитического приборостроения Российской академии наук».**

Авторы: Беляев А.В., Гуревич Б.С., Зайченко К.В., Кордюкова А.А., Святкина В.И.

*Публикации:*

1. Zaichenko K.V., Gurevich B.S. Spectral selection using acousto-optic tunable filters for the skin lesions diagnostics // Proceedings of SPIE. 2021, vol. 11922, pp. 119221C. doi: 10.1117/12.2615808.
2. Zaichenko K.V., Gurevich B.S. Development of images multispectral processing for the skin cancer early diagnostics // Proceedings of SPIE. 2022, vol. 12144, pp. 121440E-1 – 121440E-6. doi: 10.1117/12.2624329.
3. Zaichenko K.V., Gurevich B.S. Svyatkina V.I. Polychromic light source for the realization of multispectral processing method of skin malignant lesions images // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2022, vol. 22, no. 5, pp. 846–853. doi: 10.17586/2226-1494-2022-22-5-846-853.
4. Зайченко К.В., Гуревич Б.С., Беляев А.В., Святкина В.И. Гибридный эндоскоп с телевизионной и многоспектральной обработкой изображений для диагностики рака внутренних органов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2022. Т. 22, № 6, С. 1031-1036.

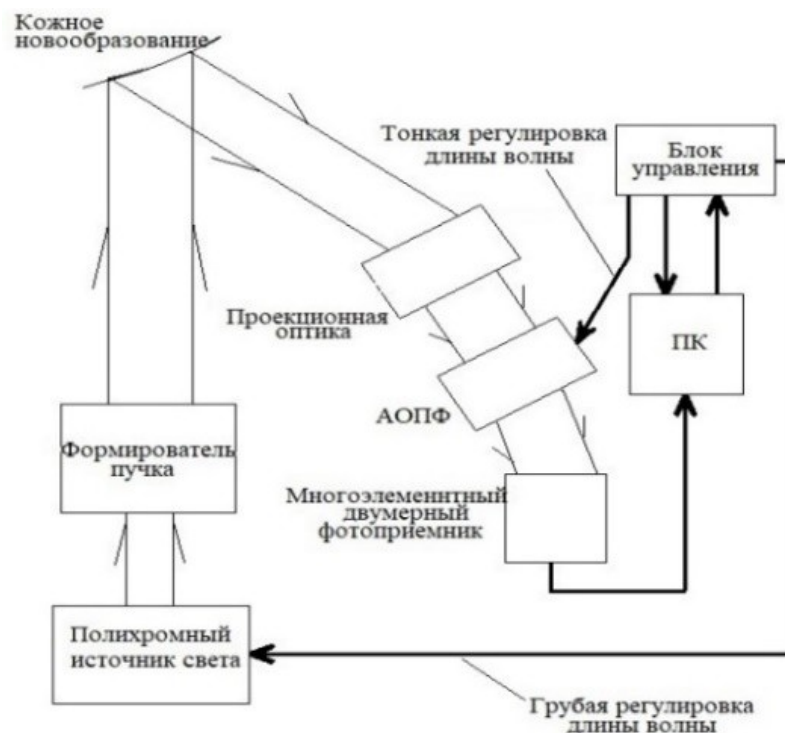


Рис. 45. Структурная схема макета устройства диагностики рака кожи на основе многоспектрального анализа

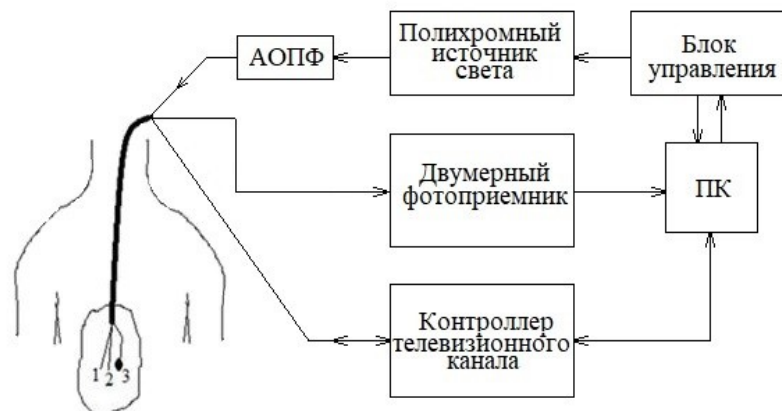


Рис. 46. Структурная схема макета гибридного эндоскопа для диагностики рака внутренних органов на основе многоспектрального анализа (АОПФ - акустооптический перестраиваемый фильтр; 1 - оптоволоконный облучатель; 2 - оптоволоконный датчик изображений; 3 - TV-камера)

### 3. Изменение структуры и проницаемости бислойных липидных мембран под действием наночастиц феррита кобальта

Обнаружены структурные изменения фосфатидилхолиновых липидных мембран, вызванные их взаимодействием с магнитными наночастицами феррита кобальта. В работе использовались наночастицы нескольких типов: с кубическим ядром феррита кобальта размером 12 или 27 нм, покрытым гидрофильной оболочкой из человеческого сывороточного альбумина или полиэтиленгликоля. Методом кондуктометрии зарегистрировано образование метастабильных проводящих пор с аномально высоким временем жизни,

обусловленных взаимодействием рассматриваемых наночастиц с липидным бислоем. Обнаружено, что, несмотря на наноразмерный радиус пор, характерное время их существования составляет около секунды (Рис. 47). Важность полученного результата состоит в создании основы для решения актуальной задачи, направленной на разработку новых эффективных терапевтических стратегий адресной управляемой доставки лекарственных веществ в целевые области организма человека и животных.

Организации: **ИРЭ РАН совместно с Первым МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России и ФИЦ ПХФ и МХ РАН**

Авторы<sup>1</sup>: Аносов А.А.<sup>1</sup>, Астанина П.Н.<sup>3</sup>, Борисова Е.Д.<sup>2</sup>, Дерунец А.С.<sup>2</sup>, Коплак О.В.<sup>2</sup>, Моргунов Р.Б.<sup>2</sup>, Проскуряков И.И.<sup>3</sup>, Смирнова Е.Ю.<sup>2</sup>

Публикации:

1. Anosov A. et al. Effect of Cobalt Ferrite Nanoparticles in a Hydrophilic Shell on the Conductance of Bilayer Lipid Membrane //Membranes. – 2022. – Т. 12. – №. 11. – С. 1106. DOI: 10.3390/membranes12111106.

2. Anosov A. et al. Surface and Structure of Phosphatidylcholine Membranes Reconstructed with CoFe2O4 Nanoparticles //Langmuir. 2022, 38, 47, 14517–14526 DOI: 10.1021/acs.langmuir.2c02659.

3. А.А. Аносов, Е.А. Корепанова, О.В. Коплак, В.А. Казаманов, А.С. Дерунец, Р.Б. Моргунов, Рост электрической проводимости и появление липидных пор под действием магнитных наночастиц CoFe2O4 в бислоевой липидной мембране, Электрохимия, 2022, том 58, № 4, с. 179–187 DOI: 10.31857/S0424857022030033.

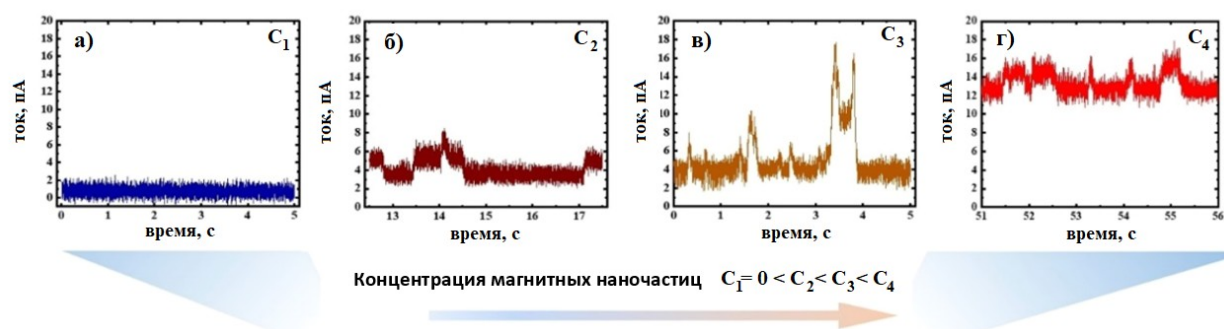


Рис. 47. Увеличение проводимости липидной мембраны с ростом концентрации  $C_1=0 < C_2 < C_3 < C_4$  наночастиц феррита кобальта. Напряжение на мембране 30 мВ

#### 4. СВЧ-фотодиоды на основе гетероструктур InAlAs/InGaAs/InP

Использование оптических технологий обеспечивает значительные преимущества для систем передачи и обработки сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов. Так, передача СВЧ-сигнала по оптоволокну обеспечивает снижение потерь передачи в сотни, тысячи раз по сравнению с традиционным коаксиальным кабелем. В ходе работы были разработаны конструкция и технология изготовления мощных бескорпусных СВЧ-фотодиодов для спектрального диапазона 1,0–1,65 мкм, не производимых в России. Фотодиоды изготавливаются на основе гетероструктур InAlAs/InGaAs/InP и представляют собой меза-структуры с барьером Шоттки (Рис. 48 слева). Рабочая частота фотодиодов диаметром  $\varnothing 10$  мкм достигает 40 ГГц, а максимальная выходная СВЧ-мощность на частоте 20 ГГц для фотодиодов  $\varnothing 15$  мкм составила 58 мВт. Показано, что фотодиоды перспективны для систем генерации и передачи аналоговых СВЧ-сигналов с высокими требованиями к фазовым шумам. Разработаны также *pin*-фотодиоды, на основе которых совместно с ООО «Ай Эм Тех» и ТУСУР (г. Томск) и АО НПЦ «ЭЛВИС» (г. Зеленоград) изготовлены

1 Авторы от организаций: 1 - от ИРЭ РАН; 2 - от Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России; 3 – от ФИЦ ПХФ и МХ РАН

высокоскоростные фотоприемники с волоконным вводом излучения (Рис. 48 справа), а также гибридные фотоприемники с трансимпедансными усилителями.

Организация: **ИФП СО РАН**

Авторы: Аксенов М.С., Арыков В.С., Валишева Н.А., Гишинский А.М., Дмитриев Д.В., Журавлев К.С., Микитчук К.Б., Скок Д.В., Торопов А.И., Чиж А.Л., Чистохин И.Б., Юнусов И.В.

*Публикация:*

Zhuravlev K. S., Chizh A. L., Mikitchuk K. B et al. High-power InAlAs/InGaAs Schottky barrier photodiodes for analog microwave signal transmission. Journal of Semiconductors, v.43, №1, с.012302, 2022.

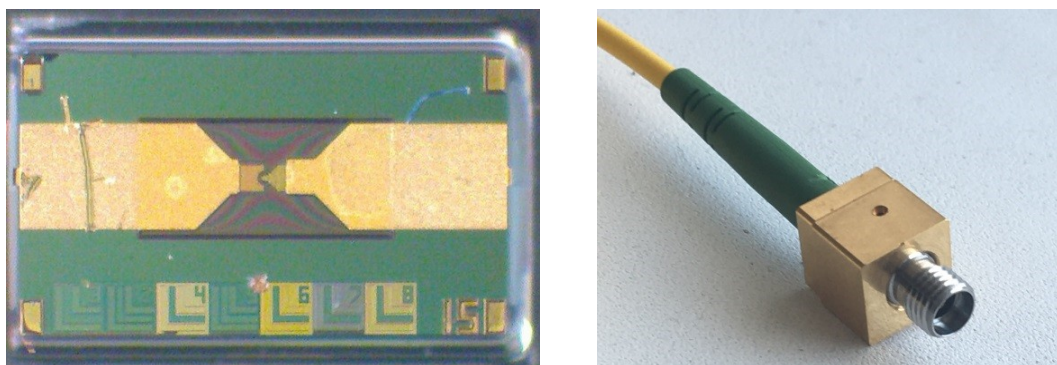


Рис. 48. Слева - бескорпусной чип-фотодиод; справа - фотоприемник с волоконным вводом излучения на основе разработанных фотодиодов (совместно с ООО «Ай Эм Тех» и ТУСУР)

##### **5. Методы и средства программирования гетерогенных конфигурируемых интегральных схем для реализации требуемой функциональности**

Гетерогенные конфигурируемые большие интегральные схемы (БИС) включают в себя как программируемую логику, так и типовые сложно функциональные блоки: процессоры, интерфейсные схемы, блоки цифровой обработки сигналов. Разработанные и реализованные методы и средства программирования таких схем представляют собой систему автоматизированного проектирования (САПР) программирующей информации и позволяют создать БИС с требуемой функциональностью, причем программирование соединений и, соответственно, обеспечение требуемой функциональности БИС осуществляется оперативно, путем записи управляющей информации в распределенную память заранее изготовленных гетерогенных конфигурируемых БИС (Рис. 49).

Разработчикам отечественной микроэлектронной аппаратуры необходима широкая номенклатура интегральных схем при небольших объемах их потребления. Применение конфигурируемых БИС совместно с разработанной САПР позволяет в короткие сроки реализовать большое количество необходимых в настоящее время заказных микросхем путем программирования их функциональности, что в значительной мере обеспечивает их импортозамещение.

Организации: **ИППМ РАН совместно с Акционерным обществом «НИИ молекулярной электроники»**

Авторы: Гаврилов С.В., Железников Д.А., Заплетина М.А., Хватов В.М., Чочаев Р.Ж., Эннс В.И.

*Публикации:*

1. Эннс В.И., Гаврилов С.В., Хватов В.М., Курбатов В.Г. Проектирование ПЛИС и реконфигурируемых СпК с использованием методов программного анализа и прототипирования // Микроэлектроника. 2021. Т. 50. № 6. С. 467-480.

2. Гаврилов С.В., Железников Д.А., Заплетина М.А., Хватов В.М., Чочаев Р.Ж., Эннс В.И. Маршрут



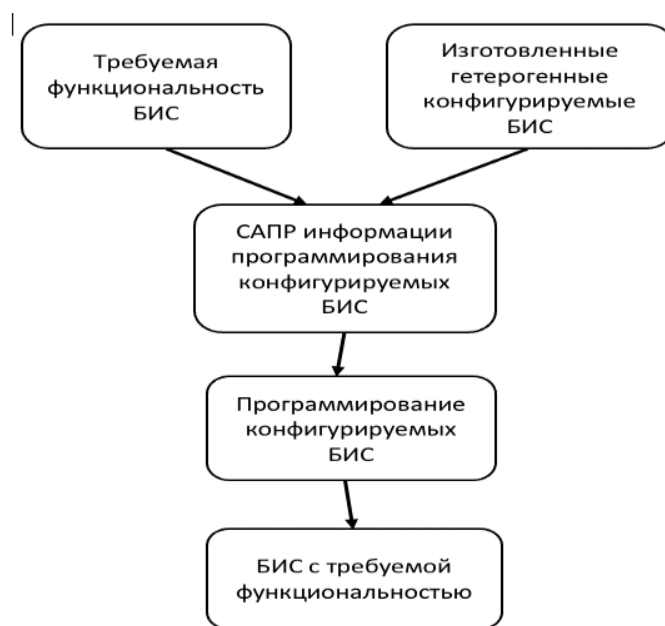


Рис. 49. Алгоритм программирования БИС с требуемой функциональностью

#### Секция нанотехнологий

### **1. Технология эпитаксиального роста гетероструктур на основе нитрида галлия для транзисторов и светодиодов на подложках кремния диаметром до 150 мм**

Разработана отечественная технология выращивания гетероструктур на основе нитрида галлия для СВЧ транзисторов на сверхвысокоомных эпитаксиальных структурах кремния диаметром 100-150 мм. На разработанных структурах получены СВЧ транзисторы (Рис. 50а) с максимальным током стока насыщения 1200 мА/мм, крутизной не менее 300 мСм/мм, напряжением обратного пробоя более 80 В и граничной частотой ( $f_t$ ) около 80 ГГц. Выращены светодиодные гетероструктуры (Рис. 50б) с использованием темплейтов SiC/Si, синтезированных методом согласованного замещения атомов. Разработана технология изготовления кристаллов светодиодов (Рис. 50в), используя удаление подложки для увеличения эффективности вывода света.

Организация: **НТЦ микроэлектроники РАН**

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

*Публикации:*

1. Федотов С.Д., Лундин В.В., Заварин Е.Е., Сахаров А.В., Цацульников А.Ф., Соколов Е.М., Стаценко В.Н., Егоркин В.И., Земляков В.Е., Зайцев А.А., Чуканова О.Б. Использование сверхвысокоомных эпитаксиальных структур кремния диаметром до 150 мм для роста Ga(Al)N соединений методом МОГФЭ. Наноиндустрия т.15, № S8-1 (113), (2022) с.113-117.

2. Markov L.K., Kukushkin S.A., Smirnova I.P., Pavlyuchenko A.S., Grashchenko A.S., Osipov A.V., Svyatets G.V., Nikolaev A.E., Sakharov A.V., Lundin V.V., Tsatsulnikov A.F. A Light-Emitting Diode Based on AlInGaN Heterostructures Grown on SiC/Si Substrates and Its Fabrication Technology. Technical Physics Letters, 2022, V. 48, № 2, p.31-34.

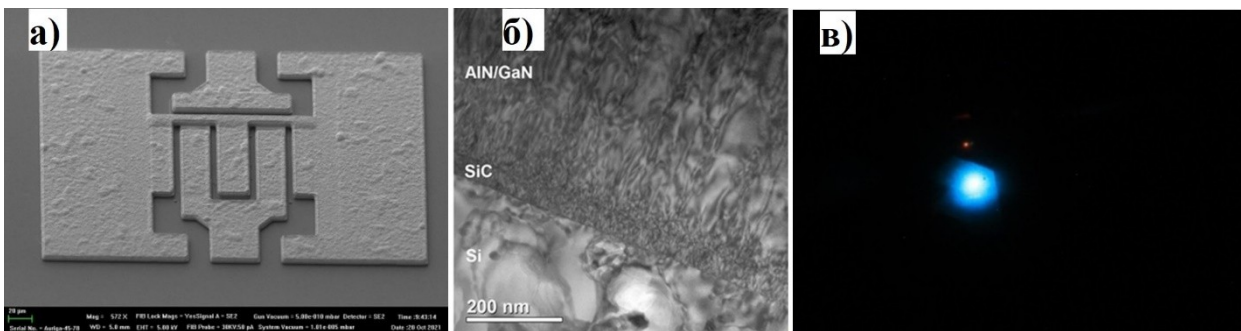


Рис. 50. а - поперечный срез затвора транзистора на сверхвысокоомной эпитаксиальной структуре кремния; б – изображение просвечивающей электронной микроскопии структуры AlGaN/SiC/Si в поперечном сечении; в - излучение чипа с удаленной подложкой.

## 2. Экспериментальная световая установка для вегетации растений

Результат относится к осветительным устройствам, состоит из четырех боксов со следующим светодиодным освещением: WW (теплый белый), SB (солнечный бокс), RGB (красно-зелено-синий) и FS (красно-синий). Соотношение энергий (B:G:R, %) составляет: WW – 14:48:38, SB – 26:41:33, RGB – 32:19:49, FS – 27:11:62. Сводные спектральные характеристики приведены на Рис. 51. Новизна заключается в точном дозировании вариаций искусственного освещения, влияющих на регуляцию ростовых и фитохимических характеристик растений. Значимость определяется использованием устройства для получения новых знаний в исследовании влияния вариаций искусственного освещения для применения в тепличном растениеводстве с целью получения максимального энергоэффективного результата в зависимости от вида культур. Результат необходим для разработки основ технологии увеличения урожайности растительных культур в агроиндустриальной промышленности на основе вариаций искусственного освещения.

Организация: **ИАПУ ДВО РАН.**

Авторы: Кульчин Ю.Н., Субботин Е.П.

*Публикация:*

Nakonechnaya, O.V., Kholin, A.S., Subbotin, E.P. et al. Development of Tomato Plants under Illumination of Different Spectral Composition. Russ J Plant Physiol 69, 88 (2022). <https://doi.org/10.1134/S1021443722050168>. IF 1.419, Q3.

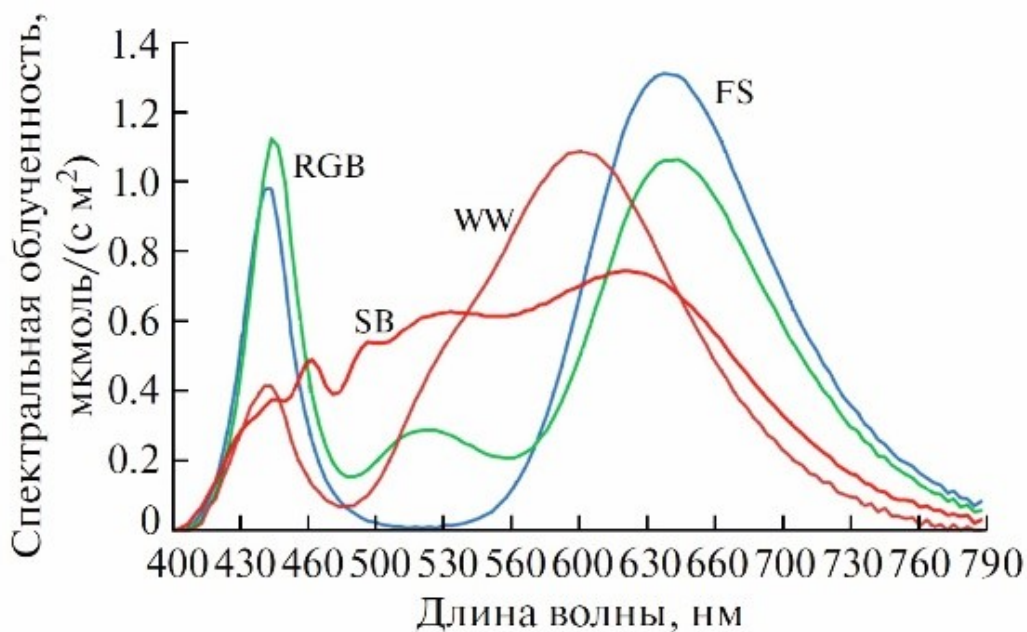


Рис. 51. Сводные спектры излучения источников света экспериментальной установки

### 3. Применение кольцевых электронных потоков в мощных клистродах

Широкому внедрению кольцевых электронных потоков в мощных клистродах мешает недостаточная исследованность условий их эффективного применения. Проведенные исследования подтвердили возможность увеличения КПД многорезонаторного клистрода на 5% - 6% за счет использования кольцевых электронных потоков. Полученные в результате оптимизационных расчетов сравнительные зависимости предельных значений электронного КПД для клистронов со сплошным (график 1) и кольцевым пучком (график 3) представлены на Рис. 52. Показано, что замена сплошного электронного пучка на кольцевой позволяет увеличить силу тока пучка и мощность прибора на 30% - 100% при том же значении КПД (см. графики 1, 2 на Рис. 52). Получено аналитическое выражение для выбора параметров кольцевого электронного потока, обеспечивающее такую замену. На Рис. 53 приведены зависимости относительного увеличения силы тока кольцевого пучка от коэффициента заполнения пучка при различных значениях толщины кольцевого пучка. В миллиметровом диапазоне применение кольцевых электронных потоков может позволить обеспечить рекордные значения выходной мощности однолучевых клистронов.

Организация: **ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.**

Авторы: Аксенов В.Н., Родякин В.Е.

*Публикация:*

Родякин В.Е., Аксенов В.Н. Особенности группирования кольцевых электронных потоков в мощных клистродах // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2022. – Т. 86. – № 1. – С. 88-92. – DOI 10.31857/S0367676522010215.

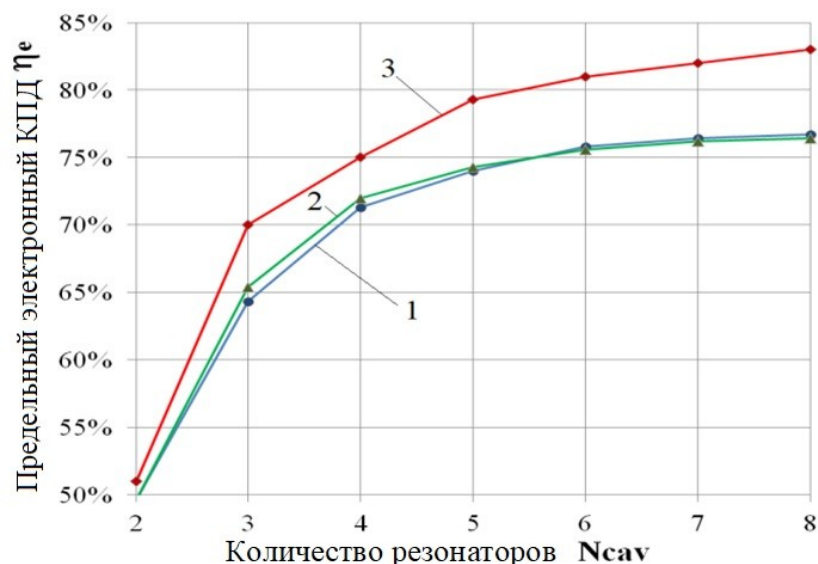


Рис. 52. Зависимость предельных электронных КПД клистрона от числа резонаторов для различных величин тока электронного пучка  $I_0$ :

- (1) - сплошной пучок,  $I_0 = 17.25$  A;
- (2) - кольцевой пучок,  $I_0 = 27.3$  A;
- (3) - кольцевой пучок,  $I_0 = 17.25$  A.

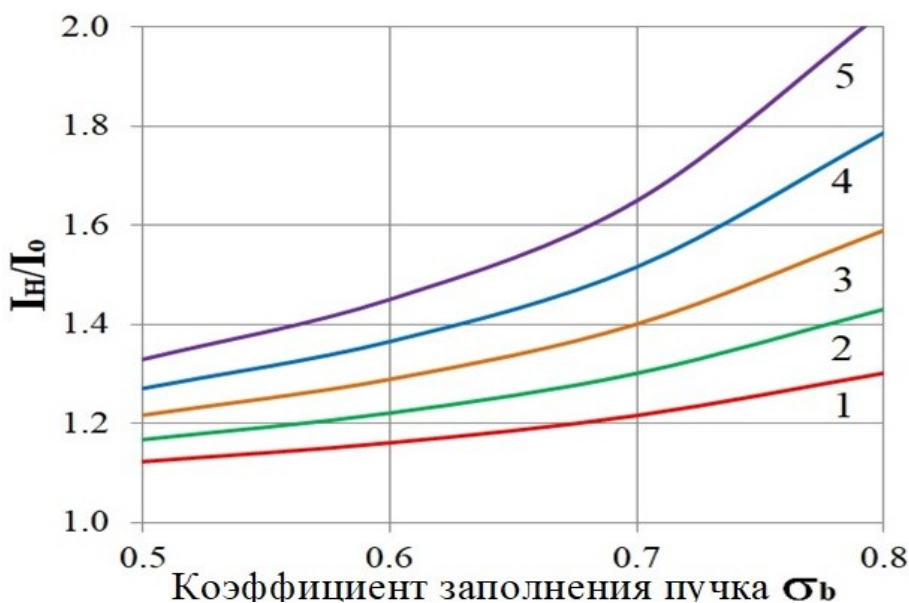


Рис. 53. Зависимость увеличения силы тока  $I_0$  при замене сплошного пучка кольцевым при сохранении значения КПД от коэффициента заполнения пучка  $\sigma_b$  для различных значений толщины кольцевого пучка: (1) -  $\sigma_b = 0.5$ ; (2) -  $\sigma_b = 0.6$ ; (3) -  $\sigma_b = 0.7$ ; (4) -  $\sigma_b = 0.8$ ; (5) -  $\sigma_b = 0.96$ .

#### 4. Теория связанных мод для описания резонансов Фано в спектрах слоистых структур для спектроскопии на основе усиления поля

Выделение отдельных эффектов, ассоциированных с возбуждением и связью мод в структурах, а также описание физики резонансов и формирования резонансного профиля Фано может быть осуществлено на основе теории связанных мод (СМ). В отличие от традиционных теорий СМ с феноменологическими постоянными коэффициентами, в работе впервые аналитически были получены формулировки моделей СМ для структур, допускающих возбуждение как одиночных, так и связанных волноводных мод, мод Фабри-

Перо, симметричных и антисимметричных плазмонных мод (Рис. 54). Также получены явные аналитические выражения, связывающие резонансные характеристики, такие как высота, положение, ширина, наклон резонанса, максимальное усиления поля, чувствительность к изменению оптических характеристик окружающей среды и т.п. интерференционных структур с их физическими и геометрическими параметрами. Полученные строгие формулировки СМ необходимы для физического понимания эффектов связи между амплитудами колебаний локальных полей резонаторов и послужат основой для разработки общей формулировки СМ для связанных резонансных систем. Разработанная аналитическая теория согласуется с результатами моделирования (Рис. 55).

Организация: ИСОИ РАН – филиал ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН.

Авторы: Нестеренко Д.В., Сойфер В.А.

Публикация:

D.V. Nesterenko, S. Hayashi, and V. Soifer, "Ab initio spatial coupled-mode theory of Fano resonances in optical responses of multilayer interference resonators", Physical Review A 106(2), 023507 (2022).

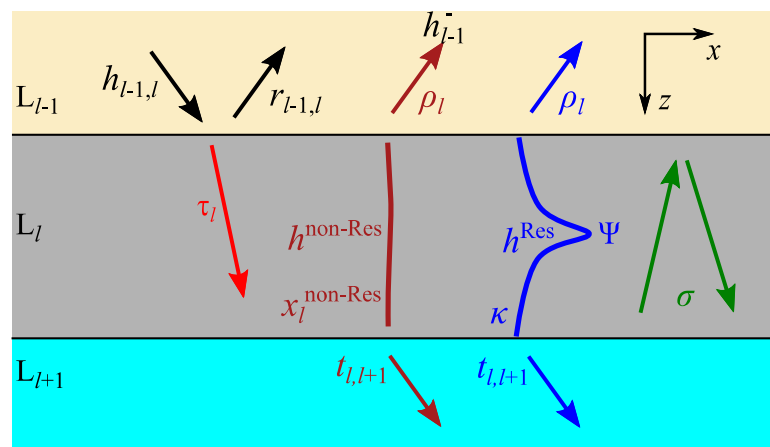


Рис. 54. Пример модели возбуждения резонансных (синяя) и нерезонансных (красная) колебаний поля в случае интерференционного резонатора

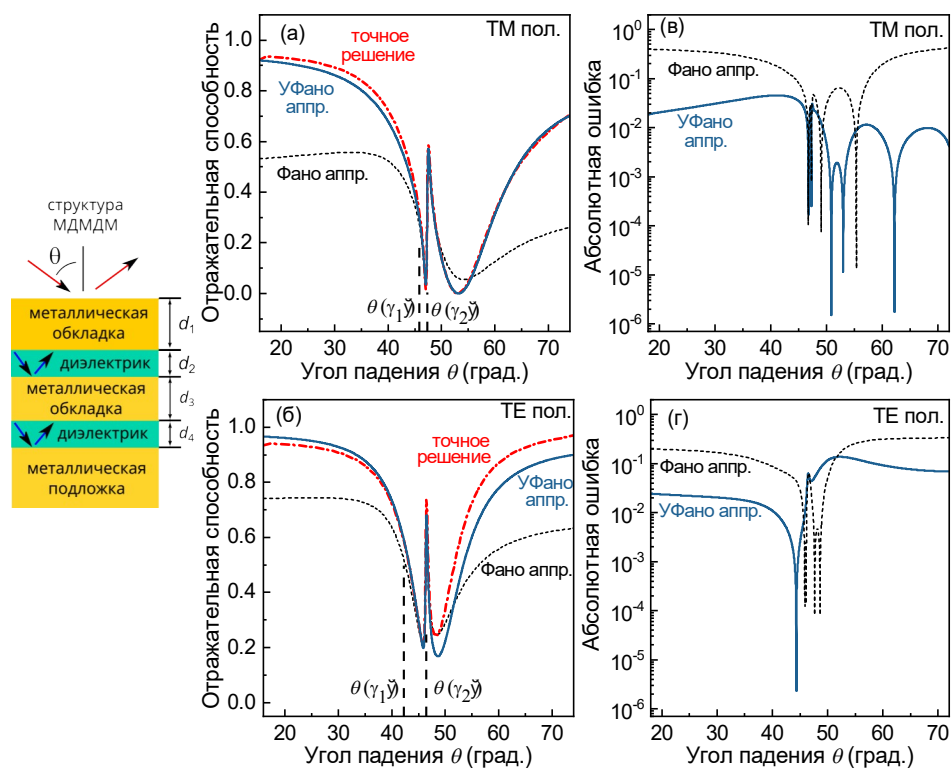


Рис. 55. Примеры спектров отражения [слева], точные значения (красная линия) и их аппроксимации разработанными (синяя) и традиционными (черная) моделями СМ в случае связанных мод Фабри-Перо в металло-диэлектрических структурах и их соответствующие отклонения от точных значений [справа]

##### 5. Экспериментальная установка на основе $\text{CO}_2$ лазера с обратной связью для автоматизированного прецизионного выпаривания биологических тканей

Создана установка на основе  $\text{CO}_2$ -лазера с обратной связью для прецизионного автоматизированного выпаривания биологических тканей. Послойное выпаривание ткани осуществляется с использованием гальванометрического сканатора внутри заранее определяемой зоны любой формы, задаваемой с помощью компьютера. Установка позволяет в процессе выпаривания записывать автодинный сигнал и его производные в заданном частотном диапазоне и одновременно осуществлять видеозапись процесса выпаривания с помощью цифрового микроскопа (Рис. 56). Автодинная диагностика (прием на резонатор лазера обратно рассеянного из зоны испарения излучения) послойного лазерного сканирования позволяет контролировать процесс испарения биоткани одного типа и определять границы между тканями различных типов как в плоскости сканирования, так и по глубине ткани. Созданная установка может быть использована для исследований и отработки новых подходов к прецизионным малотравматичным лазерным операциям с применением роботизированных хирургических систем с обратной связью.

Организация: **ИФТ ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН**

Авторы: Дмитриев А.К., Коновалов А.Н., Кортуннов В.Н., Ульянов В.А.

Публикация:

A.K. Dmitriev, A.N. Konovalov, V.N. Kortunov, and V.A. Ulyanov. An Apparatus Based on a  $\text{CO}_2$  - Laser with Feedback for Automated Precision Evaporation of Biological Tissues. *Instruments and Experimental Techniques*, 2022, v. 65, № 2, pp. 332-335. WoS (Q3), IF=1,142.

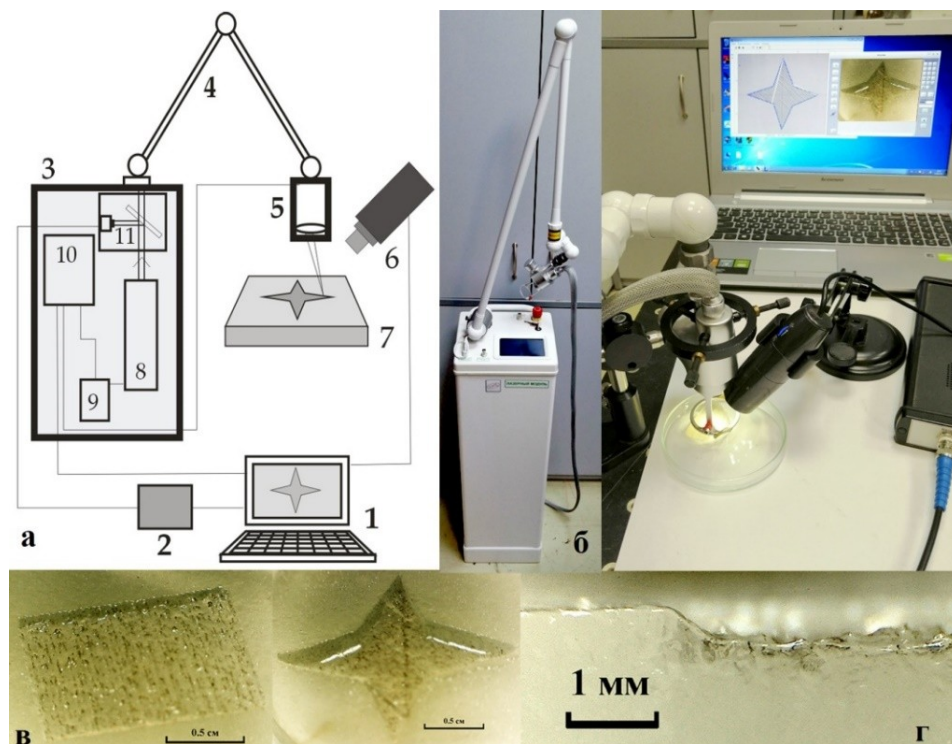


Рис. 56. Лазерная установка по автоматизированному выпариванию биотканей:

**а** - схема установки (1 – компьютер, 2 – аналого-цифровой преобразователь, 3 – лазерный блок, 4 – шарнирно-зеркальный манипулятор, 5 – гальвано-сканатор, 6 – микроскоп, 7 – образец, 8 – лазерный излучатель на основе CO<sub>2</sub>-лазера, 9 – блок питания лазера, 10 – контроллер управления лазерным модулем, 11 – оптический блок); **б** – фотография лазерной установки; **в** – изображения разных форм на поверхности образцов (под углом к поверхности) из агара, полученные при сканировании лазерным пучком со скоростью 15 мм/с при мощности лазерного излучения 5 Вт; **г** – фотография среза области сканирования образца из агара.

**Получившие наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости  
результаты научных организаций,  
находящихся под научно-методическим руководством ОНИТ РАН**

**1. Аппаратный базис реализации надежных суперкомпьютеров на основе сбоеустойчивой самосинхронной схмотехники и средств их автоматизированного проектирования**

Разработаны методы и библиотеки проектирования сбоеустойчивых самосинхронных (СС) вычислительных систем, апробированные на математическом сопроцессоре – СС-умножителе с накоплением с высокой степенью параллельных процессов (более 1000). Его проверка на самосинхронность была обеспечена собственными программными средствами СС-анализа. Уровень сбоеустойчивости сопроцессора в 1,9 раза выше, чем у синхронных аналогов. Предложена методология сравнительного численного анализа уровня сбоеустойчивости синхронных и СС-схем. Разработаны схмотехнические и топологические методы повышения сбоеустойчивости вычислительно-управляющих СС-систем, увеличивающие время их бесбойной работы в сравнении с синхронными аналогами: комбинационных – до

4,0 раз, последовательных – до 7,1 раза.

Организация: **ФИЦ ИУ РАН.**

Научный руководитель работы: ак. Соколов И.А.

Авторы: Дьяченко Ю.Г., Рождественский Ю.В., Соколов И.А., Степченков Ю.А.

## **2. Динамика трехфотонного лазерного возбуждения мезоскопических ансамблей холодных ридберговских атомов рубидия**

Впервые исследована временная динамика трехфотонного лазерного возбуждения  $5S_{1/2} \rightarrow 5P_{3/2} \rightarrow 6S_{1/2} \rightarrow 39P_{3/2}$  мезоскопических ансамблей холодных атомов Rb в ридберговские состояния в магнитооптической ловушке с использованием на каждой ступени непрерывных одночастотных лазеров. Ансамбли состояли из  $N=1-5$  атомов и регистрировались методом селективной полевой ионизации с постселекцией по числу атомов. Измерена зависимость вероятности возбуждения от длительности возбуждающих лазерных импульсов и числа регистрируемых ридберговских атомов. При малых временах взаимодействия наблюдался линейный рост вероятностей, а при больших временах вероятности выходили на насыщение, при этом для каждого числа атомов имелись свои особенности. Проведено сравнение экспериментальных зависимостей с результатами численных расчетов в рамках четырехуровневой модели и получено их хорошее согласие. Определены условия, необходимые для наблюдения осцилляций населенностей Раби. Полученные результаты важны для реализации двухкубитовых квантовых операций на основе взаимодействий ридберговских атомов.

Организация: **ИФП СО РАН.**

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

Авторы: Бетеров И.И., Рябцев И.И., Третьяков Д.Б., Энтин В.М., Якшина Е.А.

## **3. Изменение структуры и проницаемости бислойных липидных мембран под действием наночастиц феррита кобальта**

Обнаружены структурные изменения фосфатидилхолиновых липидных мембран, вызванные их взаимодействием с магнитными наночастицами феррита кобальта. В работе использовались наночастицы нескольких типов: с кубическим ядром феррита кобальта размером 12 или 27 нм, покрытым гидрофильной оболочкой из человеческого сывороточного альбумина или полиэтиленгликоля. Методом кондуктометрии зарегистрировано образование метастабильных проводящих пор с аномально высоким временем жизни, обусловленных взаимодействием рассматриваемых наночастиц с липидным бислоем. Обнаружено, что несмотря на наноразмерный радиус пор характерное время их существования составляет около секунды. Важность полученного результата состоит в создании основы для решения актуальной задачи, направленной на разработку новых эффективных терапевтических стратегий адресной управляемой доставки лекарственных веществ в целевые области организма человека и животных.

Организация: **ИРЭ РАН.**

Научный руководитель работы: д.ф.-м.н. Аносов А.А.

Авторы: Аносов А.А., Астанина П.Н., Борисова Е.Д., Дерунец А.С., Коплак О.В., Моргунов Р.Б., Проскураков И.И., Смирнова Е.Ю.

## **4. Применение кольцевых электронных потоков в мощных клистродах**



Широкому внедрению кольцевых электронных потоков в мощных клистродах мешает недостаточная исследованность условий их эффективного применения. Проведенные исследования подтвердили возможность увеличения КПД многорезонаторного клистрода на 5% - 6% за счет использования кольцевых электронных потоков. Показано, что замена сплошного электронного пучка на кольцевую позволяет увеличить силу тока пучка и мощность прибора на 30% - 100% при том же значении КПД. Получено аналитическое выражение для выбора параметров кольцевого электронного потока, обеспечивающее такую замену. В миллиметровом диапазоне применение кольцевых электронных потоков может позволить обеспечить рекордные значения выходной мощности однолучевых клистронов.

Организация: **ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.**

Научный руководитель работы: академик РАН Панченко В.Я.

Авторы: Аксенов В.Н., Родякин В.Е.

## **Получившие наивысшую оценку инновационного потенциала научные результаты научных организаций, находящихся под научно-методическим руководством ОНИТ РАН**

### **1. Космические эксперименты по гиперспектральному дистанционному зондированию Земли на основе Кубсатов**

Разработана и экспериментально исследована в космосе полезная нагрузка для наноспутников для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) формата Кубсат 3U ( $U=10 \times 10 \times 10$  см<sup>3</sup>): видеокамера с объективом на основе дифракционной гармонической линзы и наземной нейросетевой коррекцией полученных изображений выведена на орбиту 22 марта 2021 года на наноспутнике МИЭМ-ВШЭ «Cube SX Sirius HSE»; гиперспектрометр видимого диапазона на основе модифицированной схемы Оффнера, имеющий 190 спектральных каналов, выведен на орбиту 9 августа 2022 года на наноспутнике «ИСОИ». Полученные в ноябре 2022 года со спутника «ИСОИ» гиперспектральные данные позволили рассчитать ряд важных вегетационных индексов. Эксперименты показали перспективность использования наноспутников формата Кубсат 3U для точного земледелия и в образовательном процессе. Результаты исследования являются основой для развертывания отечественной группировки наноспутников, обеспечивающей оперативное получение данных дистанционного зондирования Земли для отраслей экономики Российской Федерации.

Организация: **ИСОИ РАН – филиал ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН**

Научный руководитель работы: академик РАН Сойфер В.А.

Авторы: Ивлиев Н.А., Казанский Н.Л., Никоноров А.В., Скиданов Р.В., Сойфер В.А.

### **2. СВЧ-фотодиоды на основе гетероструктур InAlAs/InGaAs/InP**

Использование оптических технологий обеспечивает значительные преимущества для систем передачи и обработки сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов. Так, передача СВЧ-сигнала по оптоволокну обеспечивает снижение потерь передачи в сотни, тысячи раз по сравнению с традиционным коаксиальным кабелем. В ходе работы были разработаны конструкция и технология изготовления мощных бескорпусных

СВЧ-фотодиодов для спектрального диапазона 1,0–1,65 мкм, не производимых в России. Фотодиоды изготавливаются на основе гетероструктур InAlAs/InGaAs/InP и представляют собой меза-структуры с барьером Шоттки. Рабочая частота фотодиодов диаметром Ø10 мкм достигает 40 ГГц, а максимальная выходная СВЧ-мощность на частоте 20 ГГц для фотодиодов Ø15 мкм составила 58 мВт. Показано, что фотодиоды перспективны для систем генерации и передачи аналоговых СВЧ-сигналов с высокими требованиями к фазовым шумам. Разработаны также *pin*-фотодиоды, на основе которых совместно с ООО «Ай Эм Тех» и ТУСУР (г. Томск) и АО НПЦ «ЭЛВИС» (г. Зеленоград) изготовлены высокоскоростные фотоприемники с волоконным вводом излучения, а также гибридные фотоприемники с трансимпедансными усилителями.

Организация: **ИФП СО РАН.**

Научный руководитель работы: д.ф.-м.н. Журавлев К.С.

Авторы: Аксенов М.С., Арыков В.С., Валишева Н.А., Гилинский А.М., Дмитриев Д.В., Журавлев К.С., Микитчук К.Б., Скок Д.В., Торопов А.И., Чиж А.Л., Чистохин И.Б., Юнусов И.В.

### **3. Технология эпитаксиального роста гетероструктур на основе нитрида галлия для транзисторов и светодиодов на подложках кремния диаметром до 150 мм**

Разработана отечественная технология выращивания гетероструктур на основе нитрида галлия для СВЧ транзисторов на сверхвысокоомных эпитаксиальных структурах кремния диаметром 100-150 мм. На разработанных структурах получены СВЧ транзисторы с максимальным током стока насыщения 1200 мА/мм, крутизной не менее 300 мСм/мм, напряжением обратного пробоя более 80 В и граничной частотой ( $f_t$ ) около 80 ГГц. Выращены светодиодные гетероструктуры с использованием темплейтов SiC/Si, синтезированных методом согласованного замещения атомов. Разработана технология изготовления кристаллов светодиодов, используя удаление подложки для увеличения эффективности вывода света.

Организация: **НТЦ микроэлектроники РАН**

Научный руководитель работы: член-корреспондент РАН Устинов В.М.

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

## Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления

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

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

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

**Машиноведение.** Машиноведение является междисциплинарной наукой о технологиях, используемых при создании машин, машинных комплексов и сложных систем «человек-машина-среда», в динамике машин, в волновых и вибрационных процессах в технике, ресурсе, живучести и безопасности машин и сложных технических систем. Междисциплинарные проблемы машиноведения, создания и функционирования сложных человеко-машинных и робототехнических комплексов включают в себя: вопросы анализа и синтеза машинных комплексов; эргономики и биомеханики человеко-машинных и робототехнических систем и комплексов; динамики машин и вибрационных процессов в технике; разработки перспективных материалов и технологий; техногенной безопасности. Реализация наукоемких технологий предполагает проведение исследований, связанных с разработкой и развитием новых направлений машиностроения - управляемых машин и аппаратов, технологий, автоматизированных технологических линий и энергосберегающих технологий на волновых принципах.

**Механика** – фундаментальная наука, результаты, полученные в её области, позволили решить многие важнейшие проблемы при создании космических и транспортных систем, при разработке новых

материалов, машин и конструкций, при решении актуальных проблем освоения природных ресурсов страны и обеспечения её обороноспособности. Традиционно механика разделяется на следующие разделы: общая и прикладная механика; механика жидкости, газа и плазмы; механика деформируемого твердого тела; трибология; механика природных процессов и биомеханика. Несмотря на указанное традиционное разделение, одним из основных направлений фундаментальных исследований в механике является механика техногенных и природных процессов, включающая в том или ином виде все разделы механики. Механика техногенных и природных процессов как направление исследований включает в себя следующие области: управление движением тел и систем тел; механику экстремальных состояний; механику сплошных сред; исследование газодинамических процессов; физику и механику деформирования и разрушения материалов; механику контактных взаимодействий; исследование природных процессов; механику живых систем. Более подробно, в области управления движением тел и систем тел, 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 диагностики патологических состояний биологических тканей; развитие методов моделирования конструкций из биodeградируемых материалов и композитов для создания искусственных органов.

**Процессы управления.** Современная теория управления представляет собой разветвленное научное направление, использующее аппарат классической теории автоматического регулирования и

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

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

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

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

Разработка теории, методов и технологий управления системами междисциплинарной природы предполагает создание теории, методов и технологий гетерогенных интеллектуальных распределённых и иерархических автоматизированных систем и поддержки принятия решений в условиях неопределённости, 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. В ИИМех РАН впервые выполнены исследования по совмещенному радиационному и конвективному нагреву высокотемпературного материала. Эксперименты проведены на ВЧ-плазмотроне ВГУ-4 (уникальная научная установка РФ). В качестве источника излучения использовался волоконный лазер. Образец из теплозащитного плиточного материала орбитального корабля «Буран» подвергался совместному воздействию дозвуковой струи азотной плазмы и лазерного излучения (Рис. 57). Успешно продемонстрирован рост тепловой нагрузки на материал во время испытания в плазмотроне, показаны возможности по пространственно-временной модуляции теплового потока. Новый технический подход позволит повысить максимальные реализуемые температуры поверхности и существенно расширить области экспериментального моделирования аэродинамического нагрева, в том числе для лабораторного воспроизведения условий входа космического аппарата в атмосферы Марса, Венеры, других планет Солнечной системы и их спутников. Результаты таких испытаний востребованы профильными предприятиями и организациями отечественной аэрокосмической отрасли (ИИМех РАН; авторы: д.ф.-м.н. Колесников А.Ф., д.ф.-м.н. Соловьев Н.Г.).

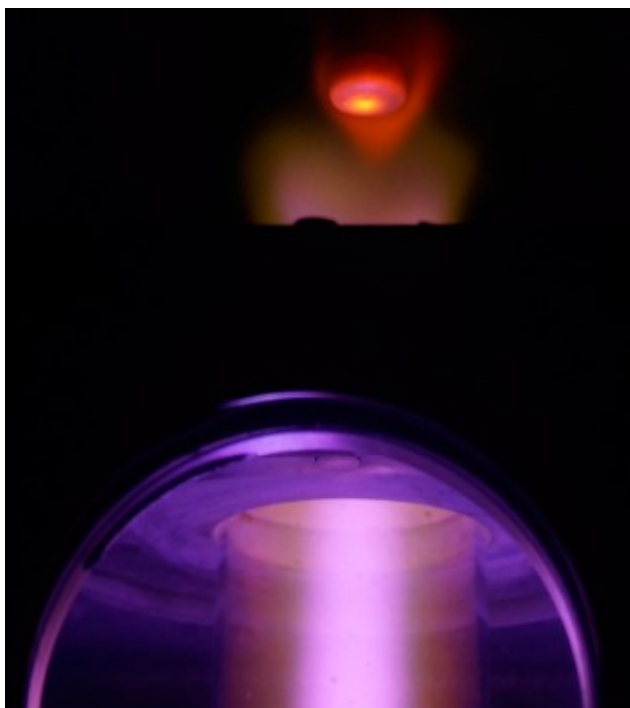


Рис. 57. Фотография образца под воздействием дозвуковой струи азотной плазмы и дополнительно нагретого лазерным излучением.

2. В ИИРИМ РАН разработан аналитико-численный метод оценки термовязкоупругих свойств композитных материалов с промежуточным межфазным слоем. Разработан параметрический метод определения термовязкоупругих характеристик (теплофизических и вязкоупругих) композитных материалов на основе вязкоупругой матрицы и включений с промежуточным межфазным слоем. Этот метод базируется на теории асимптотического усреднения уравнений с быстроосциллирующими коэффициентами в параметрическом пространстве и аналитическом решении обобщенной задачи Эшелби для многослойного включения. На основе такого подхода с помощью новой конечно-элементной технологии, базирующейся на представлении Папковича-Нейбера, построен эффективный алгоритм решения задачи на ячейке (Рис. 58) для определения термовязкоупругих характеристик композитов, в частности, модулей накопления и потерь,

определяющих их демпфирующие свойства. С помощью разработанного алгоритма проведено исследование зависимости жесткостных и демпфирующих свойств эпоксидной смолы, армированной углеродными волокнами, от вязкоупругих характеристик межфазного слоя и матрицы при различной температуре, объемного наполнения и частоты вибрации при гармонических колебаниях (Рис. 59). Отмечены эффекты локального усиления демпфирующих свойств при определенных соотношениях параметров межфазного слоя и матрицы. Метод применим в строительстве, машиностроении, автомобилестроении, аэрокосмической областях, а также в медицине. Термовязкоупругие материалы могут использоваться для снятия стресса и боли в теле человека, для защиты хрупких компонентов в различных типах машин и оборудования, а также в высокотемпературном аддитивном производстве (HT-FRAM) (ИПРИМ РАН; авторы Власов А.Н., Волков-Богородский Д.Б., Саваторова В.Л.).

*Публикации:*

1. A.N. Vlasov, D.B. Volkov-Bogorodsky, V.L. Savatorova Calculation of the effective properties of thermo-viscoelastic composites using asymptotic homogenization in parametric space // Mechanics of Time-Dependent Materials <https://doi.org/10.1007/s11043-021-09501-4>

2. A.N. Vlasov, D.B. Volkov-Bogorodsky, V. Savatorova Using asymptotic homogenization to determine effective thermo-viscoelastic properties of fibrous composites with interphase layer // Mathematics and Mechanics of Solids (принята к печати) Manuscript ID MMS-22-0241.R

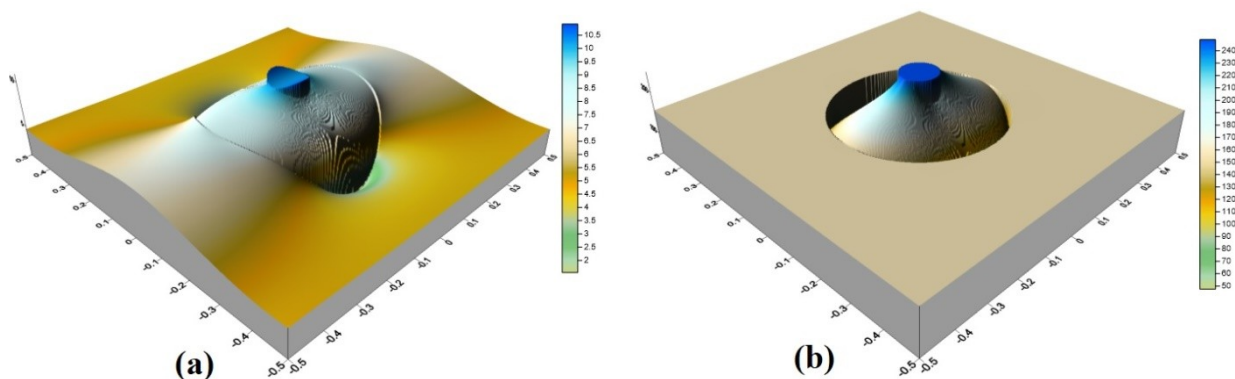


Рис. 58. Компонента напряжений  $\sigma_{xx}$  в задаче на ячейке с волокном и функционально-градиентным слоем при деформации 1% вдоль оси  $x$  в эпоксидной (а) и почти несжимаемой эластомерной (б) матрице

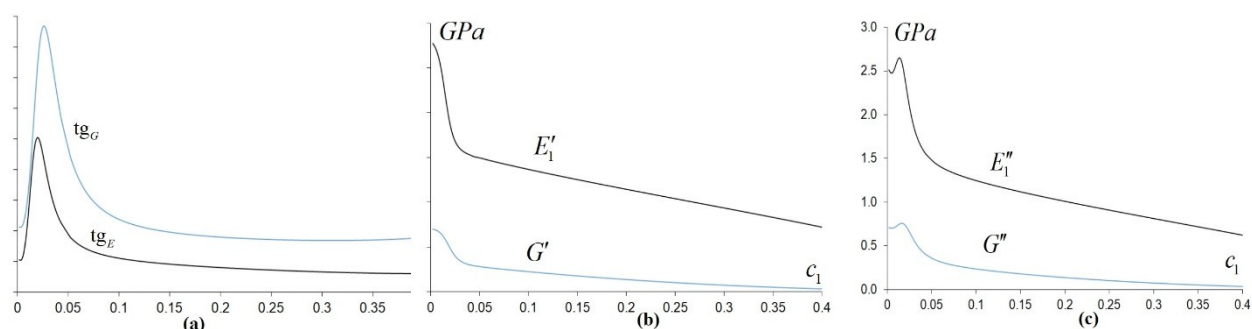


Рис. 59. Зависимость эффективных модулей накопления Юнга и сдвига (а), потерь Юнга и сдвига (б) и тангенса угла потерь (с) в зависимости от объемной доли межфазного слоя  $C_1$  в плоскости изотропии для случая мягкого и вязкого межфазного слоя

В ИПМ РАН (г. Нижний Новгород) на основе проведенных электронно-микроскопических исследований деформированных до разрушения образцов, предложена модель, описывающая трещинообразование в материалах с сильно-фрагментированной структурой, сформированной в ходе больших пластических деформаций. Установлено, что зарождение трещин в такой структуре происходит в окрестности ротационно-сдвиговых мезодефектов, накапливающихся на границах и в стыках фрагментов вследствие несовместности пластической деформации. В рамках предложенной модели определены области существования стабильных микротрещин и построены карты распределения их длин в конфигурационном пространстве параметров, характеризующих дефектную структуру материалов (Рис. 60). Полученные результаты важны для построения физической теории вязкого разрушения и разработки методов диагностики прочностного состояния металлов и сплавов

(ИПМ РАН; авторы: Перевезенцев В.Н., Рыбин В.В., Кириков С.В., Пупынин А.С., Свирина Ю.В.; ИПФ РАН: Золотаревский Н.Ю.; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого: Ушанова Е.А. - ФГУП «ЦНИИ конструкторских материалов «Прометей»).

*Публикации:*

Zolotarevsky N., Rybin V., Ushanova E., Ermakova N., Perevezentsev V. Large-scale fragmentation of grains in plastically deformed polycrystalline iron // *Materials Today Communications*. – 2022. – Vol. 31. – P. 103816.

Perevezentsev V.N., Kirikov S.V., Zolotarevsky N.Yu. Analysis of the conditions of crack nucleation during lattice dislocations transition through grain boundary // *Materials Physics and Mechanics*. – 2022. – Vol. 49. – No 1. – P. 173-181.

Kirikov S.V, Perevezentsev V.N., Pupynin A.S., Svirina J.V. Crack arrest by the elastic field of wedge disclination and planar shear mesodefect // *Materials Physics and Mechanics*. – 2022. – Vol. 48. – No 1. – P. 61-68.

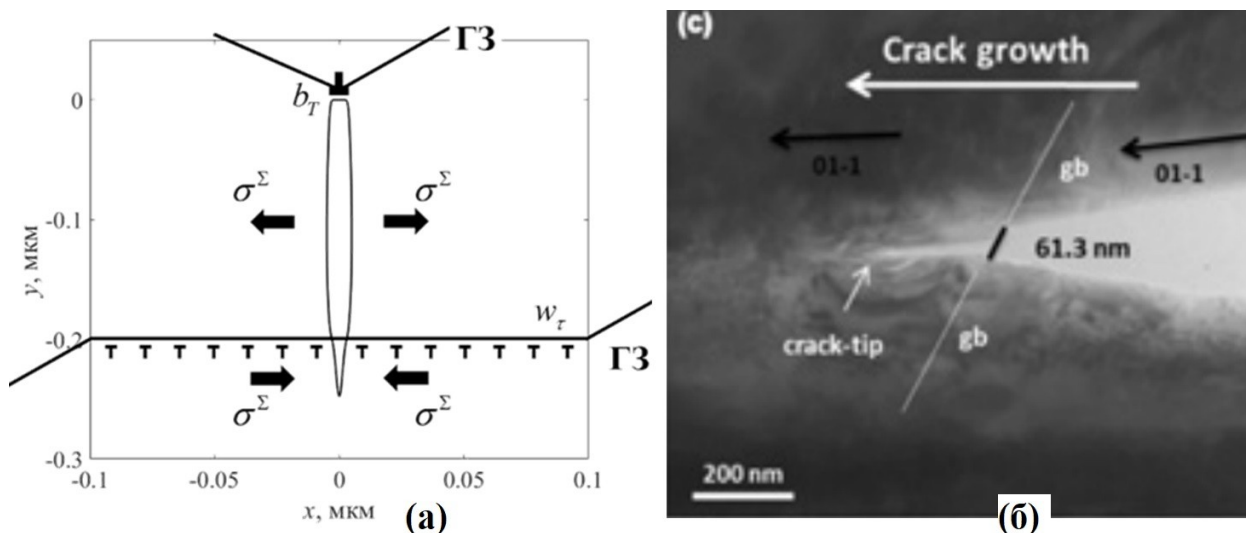


Рис. 60. Расчетный профиль (а) и наблюдаемый профиль (б).

4. В ИТПМ СО РАН построена замкнутая дискретная упругопластическая модель прямого численного моделирования разрушающейся гетерогенной среды, позволяющая предсказывать отклик среды от ударного воздействия, с высокой точностью воспроизводя процессы деформирования, разрушения и образования трещин (начало зарождения и направление распространения откольной трещины, размер и скорость движения образовавшейся откольной тарелки) в металлокерамических материалах, созданных с помощью аддитивных технологий. Предложенная авторами модель позволяет предсказывать отклик



гетерогенной среды, как по физико-механическим, так и по прочностным свойствам, без привлечения дополнительных знаний о материале (ИТПМ СО РАН; авторы Фомин В.М., Краус Е.И. Шабалин И.И., Краус А.Е.).

На Рис. 61б, в качестве примера, показано сравнение рассчитанного методом прямого численного моделирования профиля скорости движения свободной поверхности в гетерогенном металлокерамическом материале (WC+Co) при концентрации кобальта 8%. Сравнение показывает, что авторская модель с хорошей точностью описывает откольное разрушение металлокерамического композита.

*Публикация:*

Fomin V.M., Kraus A.E., Kraus E.I., Shabalin I.I., Buzyurkin A.E. Accounting for functions of distribution of mechanical properties of metals in dynamic processes of deformation and destruction of barriers // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. - 2022. -Vol.95, No.7. -P. 1625–1633. DOI: 10.1007/s10891-022-02631-7

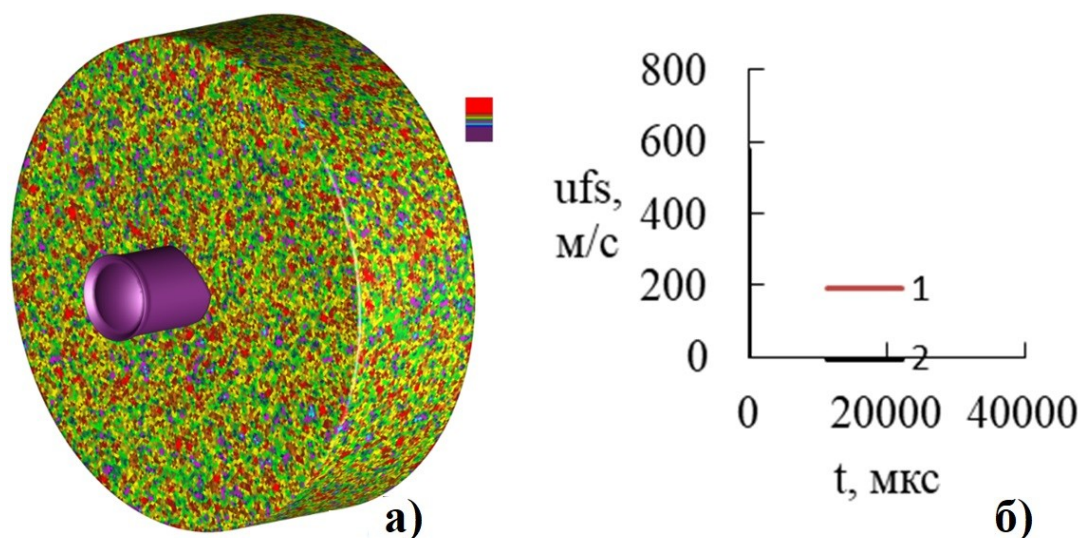


Рис. 61. – а) металлокерамический композит б) профиль скорости движения свободной поверхности WC-2Co, 1 – экспериментальные данные; 2– результат расчета.

5. В ИТ СО РАН в результате выполнения комплекса экспериментальных исследований получены новые данные по интенсификации теплообмена и повышению критического теплового потока при кипении жидкостей различных классов (вода, криогенные жидкости, фреоны, н-додекан) на основе создания микроструктурированных капиллярно-пористых покрытий с применением универсальной аддитивной технологии SLM/SLS 3D-печати (Рис. 62). Разработаны рекомендации по эффективному использованию данных покрытий для условий кипения в тонких горизонтальных слоях жидкостей (в том числе, в слоях вращающейся жидкости в поле массовых сил значительной интенсивности), в погружных системах большого объема, в стекающих пленках жидкости и апробированы в широком диапазоне изменения приведенного давления. Показано, что в зависимости от приведенного давления степени увеличения коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении на данных покрытиях могут достигать 6 раз (Рис. 63), критического теплового потока - до 2-х раз. Впервые разработаны карты режимов и выявлены закономерности теплообмена, структурообразования и развития кризисных явлений при кипении и испарении на гладких и микроструктурированных поверхностях в горизонтальных слоях жидкости для различных областей изменения приведенного давления при переходе от тонких пленок к условиям большого объема жидкости. Показано, что максимальная степень интенсификации теплообмена при кипении, реализуемая в области инверсии кривой кипения, достигается на микроструктурированных

капиллярно-пористых покрытиях из низкотеплопроводного материала и существенно зависит от безразмерной толщины слоя жидкости (Рис. 64). Полученные результаты важны для разработки современных высокоэффективных методов интенсификации теплообмена при кипении. Практическое значение связано с разработкой новых способов повышения эффективности теплообмена в системах охлаждения различного назначения, тепловых трубах и паровых камерах, включая микро- и силовую электронику, ВТСП-оборудование, в энергетическом оборудовании, аппаратах химической, криогенной промышленности (ИТ СО РАН; авторы: член-корреспондент РАН Павленко А.Н., д.т.н. Печеркин Н.И., к.т.н. Жуков В.Е., Кузнецов Д.В., Швецов Д.А., к.ф.-м.н. Володин О.А., к.ф.-м.н. Сердюков В.С., к.т.н. Сухорукова Е.Ю.).

Результаты исследования опубликованы в 62-х публикациях, в том числе, в 30-ти журнальных статьях (5 статей в журналах Web of Sciences/Scopus: Q1/ Q2); в 32-х работах в трудах и материалах международных и отечественных конференций.

*Публикации:*

1. Zhukov V.I., Pavlenko A.N., Shvetsov D.A. The effect of pressure on heat transfer at evaporation/boiling in a thin horizontal liquid layer on a microstructured surface produced by 3D laser printing // Intern. J. Heat Mass Transfer. – 2020. – Vol. 163, No.120488-1–120488-14

2. Kuznetsov D.V., Pavlenko A.N. Heat transfer during nitrogen boiling on surfaces modified by microarc oxidation // Energies. – 2022. – Vol. 15, No. 5792. – P 1-14.

3. Starodubtseva I.P., Kuznetsov D.V., Pavlenko A.N. Experiments and modeling on cryogenic quenching enhancement by the structured capillary-porous coatings of surface // Intern. J. Heat Mass Transfer. – 2021. – Vol. 176. – 121388. – 16 p.

4. Zhukov V.I., Shvetsov D.A., Pavlenko A.N. Influence of thermal conductivity and shape of microstructured capillary-porous coatings on heat transfer enhancement during evaporation and boiling in thin horizontal layers of liquid // Intern. J. of Heat and Mass Trans. – 2022/23. – 60 с.

5. Ma T., Chen Y., Pavlenko A.N., Wang Q. Heat and mass transfer advances for energy conservation and pollution control in a renewable and sustainable energy transition // Renewable & Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 145. – 111087.

6. Павленко А.Н. Жуков В.Е., Мезенцева Н.Н. Теплоотдача и критический тепловой поток на модифицированной поверхности при кипении в условиях естественной конвекции // Теплофизика и аэромеханика. – 2022. – Т. 29, № 3. – С. 445–449.

7. Zhukov V.E., Mezentseva N.N., Pavlenko A.N. Heat transfer enhancement on the surface modified by the method of additive technologies at pool boiling of freon // Journal of Engineering Thermophysics. – 2022. – Vol. 31, № 4. – 10 с.

8. Павленко А.Н., Жуков В.И., Швецов Д.А. Кризисные явления и интенсификация теплообмена при кипении и испарении в горизонтальных пленках жидкости // Теплоэнергетика, 2022, № 11. С. 1–18.

9. Serdyukov V.S., Volodin O.A., Bessmeltsev V.P. Heat transfer enhancement during pool water boiling using 3D printed capillary-porous coatings // Journal of Engineering Thermophysics. – 2022. – Vol. 31, No. 2. – С. 201–209.

10. Pavlenko A.N., Kuznetsov D.V., Bessmeltsev V.P. Heat transfer enhancement during pool boiling of nitrogen on porous coatings produced by selective laser melting/sintering (SLM/SLS) // Journal of Engineering Thermophysics. – 2022. – Vol. 31, No. 1. – С. 1–10.

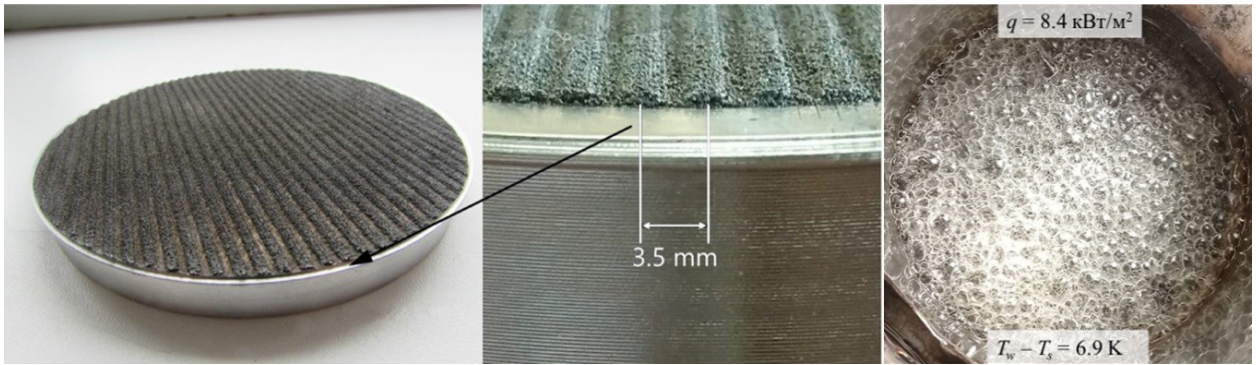


Рис. 62. Фотографии микроструктурированного капиллярно-пористого покрытия (материал: медь, латунь, бронза, нержавеющая сталь) и процесса пузырькового кипения на нем в горизонтальном слое н-додекана.

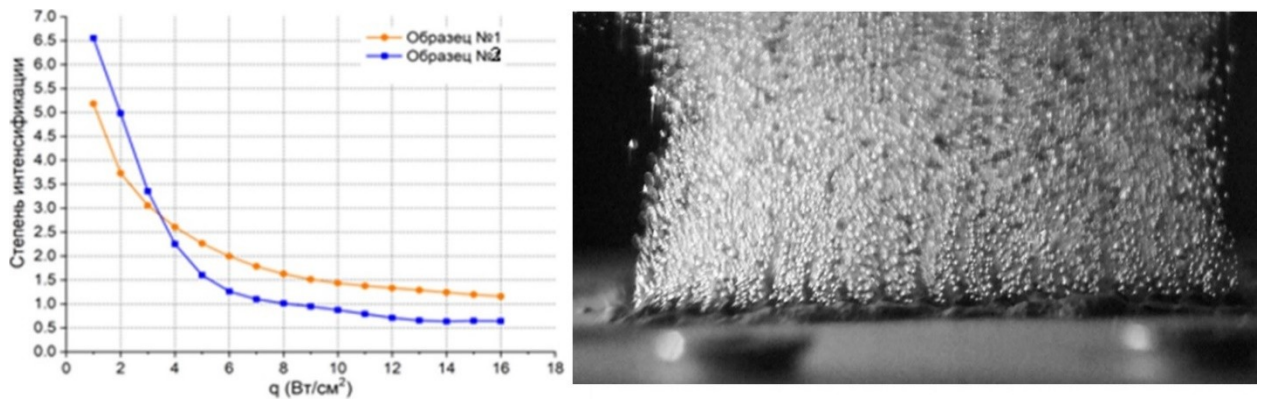


Рис. 63. Степень интенсификации теплообмена при кипении азота ( $P = 100$  кПа) на покрытиях толщиной 0.7 мм. № 1 – расстояние между гребнями покрытия 1.5 мм; толщина остаточного слоя покрытия – 0.14 мм; № 2 – 0.5 мм; 0.35 мм, соответственно. Справа: кипение фреона R21 на микроструктурированном покрытии из латуни: расстояние между гребнями покрытия 1.5 мм; высота покрытия 0.7 мм, толщина остаточного слоя покрытия – 0.14 мм ( $q = 1000$  Вт/м<sup>2</sup>).

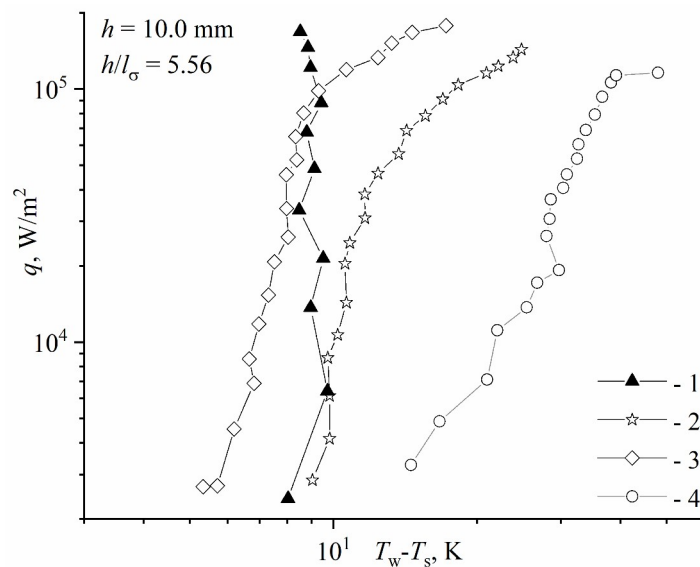


Рис. 64. Опытные данные по кривой кипения в слое н-додекана  $h = 10$  мм ( $h/l_\sigma = 5.56$ ) при давлении  $P_s = 20$  кПа ( $P_s/P_{cr} = 1.1 \cdot 10^{-2}$ ): 1 – расстояние между гребнями покрытия из нержавеющей стали 3.5 мм; 2 – из бронзы с 3.5 мм; 3 – из бронзы с 1.7 мм; 4 – для гладкой

поверхности.

## **Секция проблем машиностроения и процессов управления**

1. В ИПУ РАН предложен новый - основанный на сведении проблемы к задаче оптимизации - подход к настройке и оптимизации параметров ПИД-регулятора. Качество регулятора оценивается по квадратичному критерию от выхода системы: ПИД-регулятор настраивается в зависимости от неопределенности в начальных условиях так, чтобы выход системы был равномерно малым, при этом дополнительно гарантируется заданная степень устойчивости замкнутой системы. Выписан градиентный метод для отыскания параметров ПИД-регулятора. Предлагаемая рекуррентная процедура является весьма эффективной и приводящей к вполне удовлетворительным по инженерным критериям качества ПИД-регулятором (ИПУ РАН; автор: академик РАН Новиков Д.А.).

На Рис. 65 показаны траектории выхода тестовой линейной системы при ненулевом начальном условии и единичном ступенчатом возмущении, замкнутой построенным ( $K^*$ ) и ранее известными ПИД-регуляторами.

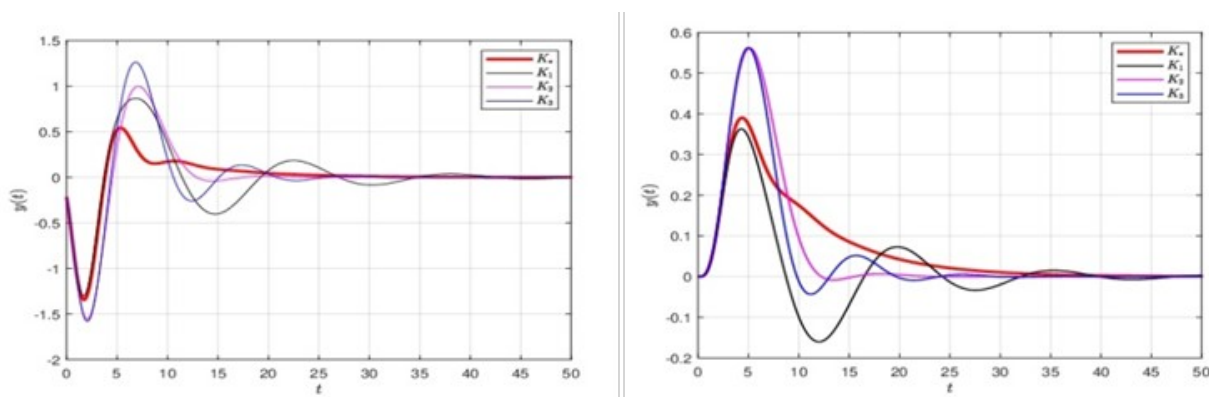


Рис. 65. Траектории выхода тестовой линейной системы

2. В ИИМех РАН завершен многолетний цикл фундаментальных исследований, посвященных проблемам динамики и управления движением мобильных систем, способных перемещаться в различных средах за счет целенаправленного изменения их конфигурации. У этих систем отсутствуют такие традиционные движители как колеса, ноги, гусеницы, гребные винты; их движение осуществляется путем изменения формы или взаимного расположения составляющих тел при сохранении контакта с внешней средой. Такие способы перемещения широко распространены в живой природе (ползание змей и червей, плавание рыб и животных) и используются для осуществления локомоции мобильных робототехнических систем. Среди мобильных роботов можно выделить бионические системы, движение которых в значительной степени имитирует движение живых прототипов, и системы, не имеющие прямых аналогов в живой природе. К последним относятся, в частности, капсульные мобильные роботы, состоящие из жесткого корпуса и внутренних тел, управляемых при помощи приводов и совершающих определенные движения относительно корпуса. Капсульные системы просты конструктивно, не требуют сложных трансмиссионных механизмов для передачи движений от приводов к движителям, легко поддаются миниатюризации. Корпус капсульных роботов может быть герметичным и гладким, без выступающих деталей. Эти свойства делают капсульные роботы перспективными для использования в «ранимых» средах, в том числе внутри тела человека в целях медицинской диагностики и доставки медикаментов. Построены и исследованы математические модели динамики мобильных систем с изменяемой конфигурацией разнообразных типов. Изучены вопросы управляемости таких систем в зависимости от конструктивных

параметров системы и свойств внешней среды. Построены различные режимы движения, при этом основное внимание уделяется периодическим режимам, при которых конфигурация системы (относительное положение составляющих тел) и скорости ее тел относительно среды изменяются периодически. Найдены оптимальные конструктивные параметры и оптимальные законы управления, при которых мобильная система движется с максимальной средней скоростью или с минимальными затратами энергии на единицу пути (Рис. 66). Результаты значительно расширяют теоретические знания в области механики локомоторных систем и имеют перспективы использования для разработки мобильных робототехнических систем новых типов (ИПМех РАН; авторы: академик РАН Черноушко Ф.Л., член-корреспондент РАН Болотник Н.Н.).

*Публикация:*

Черноушко Ф.Л., Болотник Н.Н. "Динамика мобильных систем суправляемой конфигурацией". — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2022. — 464 с.

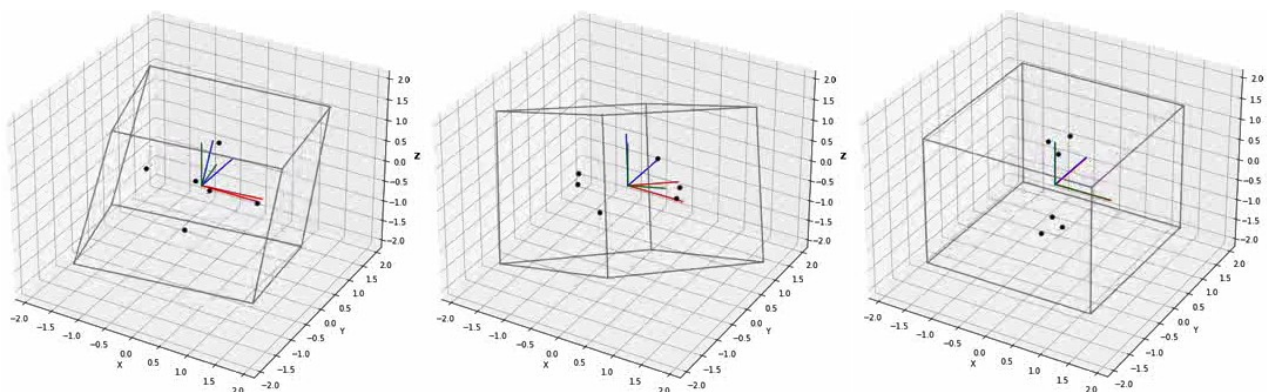


Рис. 66. Анимация оптимального управления по приведению куба с шестью подвижными материальными точками к заданной ориентации

3. В ИПТ РАН разработанный комплекс моделей является дальнейшим развитием моделей, вошедшим в работу, получившую Премию Правительства РФ 2022 года в области науки и техники и содержит 4 блока моделей. 1-й блок позволяет на основе анализа целей стратегического развития транспортной инфраструктуры формировать систему ранжирования и отбора приоритетных проектов, обеспечивающую их рациональное бюджетирование. 2-й блок моделей поддерживает экспертизу крупномасштабных проектов развития транспортной инфраструктуры. 3-й блок позволяет проводить экспертизу влияния крупномасштабных проектов развития транспортной инфраструктуры на развитие социально-экономической системы страны, основываясь на построении и использовании когнитивных карт, описывающих взаимосвязи проектов и других факторов. 4-й блок моделей включает модели согласованного планирования, стимулирования и реструктуризации системы управления функционированием крупномасштабных транспортных сетей, на основе их разбиения на полигоны управления (Рис. 67). (ИПТ РАН; авторы: Малыгин И.Г., Савушкин С.А., Гурлев И.В., Цыганов В.В., Еналеев А.К.).

*Публикации:*

1. Tsyganov V.V., Savushkin S.A. Model-Software Complex for Predicting Transport Development // IFAC-PapersOnLine. – 2022. – Vol. 55(1). – p. 186-191. (DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.04.031).
2. Малыгин И.Г., Гурлев И.В., Цыганов В.В., Савушкин С.А., и др. Комплексное освоение территории РФ на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Актуальные проблемы реализации мегапроекта Единая Евразия: ТЕПР – ИЕТС / Отв. ред. ак. РАН Козлов В.В., член-корр. РАН Макоско А.А. – М.: Наука, 2019. – 463 с.

3. Малыгин И.Г., Савушкин С.А., Гурлев И.В., Цыганов В.В., Еналеев А.К. и др. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года / под ред. члена-корр. РАН А.А. Макоско. – СПб.: ИПТ РАН, 2019. – 468 с.

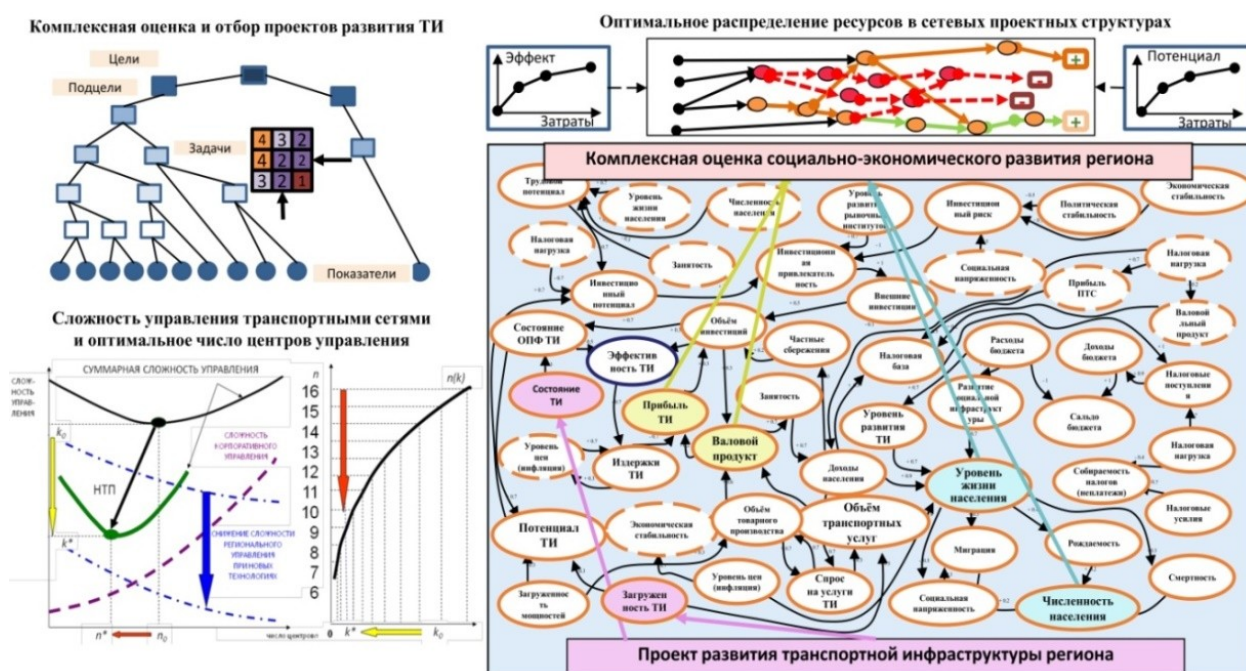


Рис. 67. Комплекс моделей на основе анализа целей стратегического развития транспортной инфраструктуры

4. В ИАПУ ДВО РАН проведена разработка и экспериментальные исследования метода идентификации кинематических параметров промышленных роботов без использования внешних измерительных устройств. Предложен метод идентификации механических параметров промышленных роботов, который не требует использования сложного и дорогостоящего оборудования для высокоточных внешних измерений положения и ориентации рабочего инструмента в декартовой системе координат. Этот метод с помощью простых и доступных инструментов (см. Рис. 68) позволяет уточнить механические параметры роботов и тем самым значительно повысить точность перемещения их рабочих инструментов при выполнении различных технологических операций. Предлагаемый способ экспериментально проверен (см. Рис. 69) и может быть применен непосредственно на производственных линиях (ИАПУ ДВО РАН: Юхимец Д.А., Губанков А.С.).

*Публикация:*

Gubankov A., Yukhimets D. Development and Experimental Studies of an Identification Method of Kinematic Parameters for Industrial Robots without External Measuring Instruments // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – Is. 9. – 3376. <https://doi.org/10.3390/s22093376> (JCR IF 3.576, Q1, CiteScore 5.8).



Рис. 68. Процесс получения данных для идентификации параметров

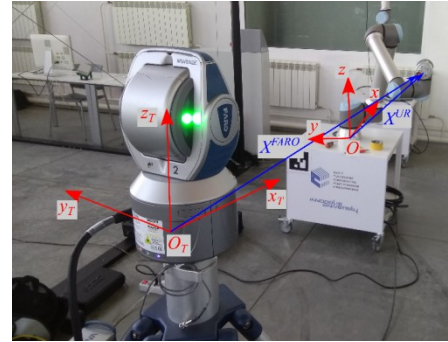


Рис. 69. Экспериментальные исследования

5. В **ИПМАШ РАН** созданы и развиты теории скрытых колебаний, что позволило продвинуться в решении ряда известных фундаментальных задач и оказалось широко востребованным для актуальных прикладных исследований. На практике переход состояния системы управления к скрытому аттрактору, вызванный внешними возмущениями, приводит к нежелательным режимам работы и часто является причиной аварий и катастроф. Теория скрытых колебаний открыла принципиально новые возможности определения границ устойчивости и выявления нежелательных колебаний для предотвращения технологических и техногенных катастроф.

Выявление скрытых колебаний в нелинейных системах управления и контрпримерах к проблеме Р.Е. Калмана, в замкнутой модели управления гидроагрегатом Саяно-Шушенской ГЭС, в моделях буровых установок, в нелинейных моделях подавления флаттера (задача М.В. Келдыша), открытие скрытого аттрактора в генераторе Л. Чуа (Рис. 70), решение задач У. Игана и Ф. Гарднера для систем фазовой автоподстройки. С 2019 г. эти результаты применялись совместно с промышленными компаниями для решения ряда актуальных практических задач, в т.ч. при проектировании систем электроснабжения подвижного состава железнодорожного применения, перспективного электрифицированного самолета и моделей МЭМС гироскопов (**ИПМАШ РАН**; автор: Кузнецов Н.В.).

*Публикации:*

1. Kuznetsov, N., Mokaev, T., Ponomarenko, V. et al. Hidden attractors in Chua circuit: mathematical theory meets physical experiments. *Nonlinear Dyn* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11071-022-08078-y> [Q1]
2. N.V. Kuznetsov, B. Andrievsky, E.V. Kudryashova, O.A. Kuznetsova, Stability and hidden oscillations analysis of the spacecraft attitude control system using reaction wheels, *Aerospace Science and Technology*, 131, 2022, 107973 (<https://doi.org/10.1016/j.ast.2022.107973>) [Q1]
3. N.V. Kuznetsov, Y.V. Belyaev, A.V. Styazhkina, M.V. Yuldashev, R.V. Yuldashev, Effects of PLL Architecture on MEMS Gyroscope Performance, *Gyroscopy and Navigation*, 13(1), 2022, 44-52 (<https://doi.org/10.1134/S2075108722010047>)
4. I.M. Boiko, N.V. Kuznetsov, R.N. Mokaev, T.N. Mokev, M.V. Yuldashev, R.V. Yuldashev, On counter-examples to Aizerman and Kalman conjectures, *International Journal of Control*, 95(4), 2022, 906-913 (<https://dx.doi.org/10.1080/00207179.2020.1830304>) [Q1]
5. A.M. Zand, M.S. Tavazoei, N.V. Kuznetsov, Chaos and Its Degradation-Promoting-Based Control in an Antithetic Integral Feedback Circuit, *IEEE Control Systems Letters*, 6, 2022, 1622-1627 (<https://dx.doi.org/10.1109/LCSYS.2021.3129320>) [Q1]

6. N.V. Kuznetsov, D.G. Arseniev, M.V. Blagov, M.Y. Lobachev, Z. Wei, M.V. Yuldashev, R.V. Yuldashev. The Gardner problem and cycle slipping bifurcation for type-2 phase-locked loops, International Journal of Bifurcation and Chaos, 32(9), 2022, 2250138 (<https://doi.org/10.1142/S0218127422501383>) [Q1]

7. N.V. Kuznetsov, E.D. Akimova, E.V. Kudryashova, O.A. Kuznetsova, M.Y. Lobachev, R.N. Mokaev, T.N. Mokaev, Global Stability Boundaries and Hidden Oscillations in Dynamical Models with Dry Friction, Mechanics and Control of Solids and Structures (Eds. V.A. Polyanskiy, A.K. Belyaev), Advanced Structured Materials, 164, 387–411, Springer Nature, 2022 ([https://doi.org/10.1007/978-3-030-93076-9\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93076-9_20))

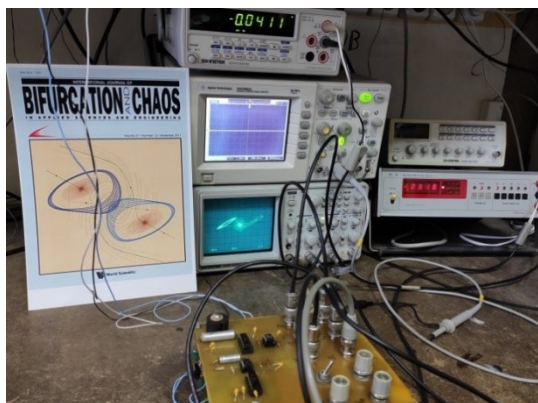


Рис. 70. Экспериментальное подтверждение скрытого аттрактора в генераторе Чуа

6. В ИПУ РАН получены аналитические результаты для решения задачи наискорейшего бокового перехвата предписано движущейся цели машиной Дубинса (Рис. 71). Выявлены новые свойства трёхмерного множества достижимости машины Дубинса, позволяющие существенно сузить классы управлений, которые являются кандидатами в оптимальные. Выделено десять непустых классов оптимальных траекторий перехвата. В соответствии каждому предложенному классу аналитически получено вещественное уравнение одной неизвестной, наименьший неотрицательных корень которого является оптимальным временем перехвата. Предложен алгоритм синтеза оптимального управления (ИПУ РАН; автор академик РАН Новиков Д.А.).

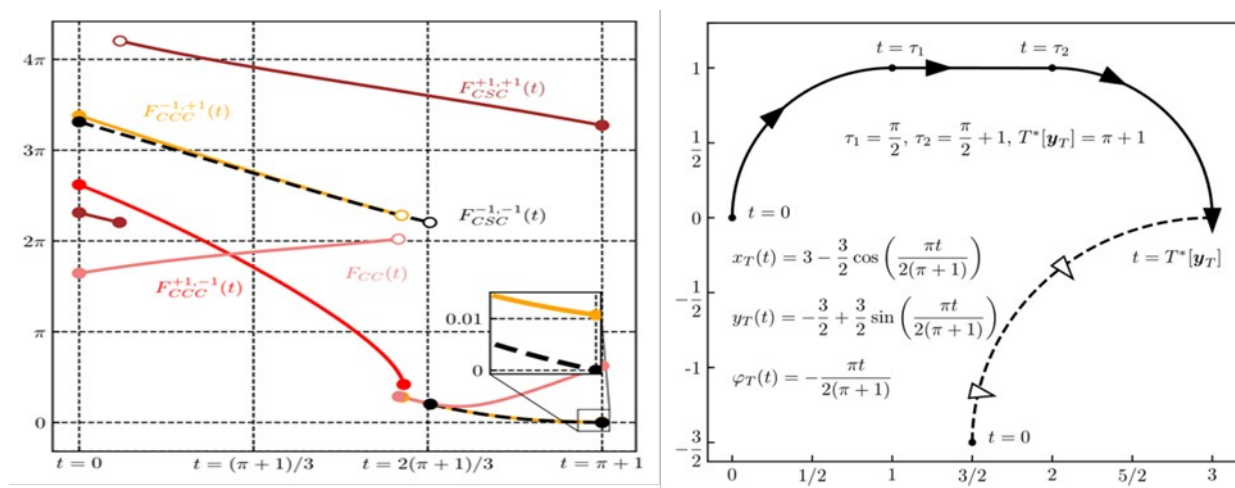


Рис. 71. Алгоритм синтеза оптимального управления

## Секция энергетики

1. В ИСЭМ СО РАН разработана технология интеллектуального управления режимами электроэнергетических систем (Рис. 72). Технология предназначена для применения в системах



диспетчерского оперативного управления электроэнергетическими системами (ЭЭС). Технология значительно расширяет возможности оперативного управления, позволяя учитывать комплексные характеристики и свойства режимов, а также строить эффективное управление на основе прогнозирования режимов работы ЭЭС на различных территориальных уровнях диспетчерского управления. Технология реализована в парадигме модульной архитектуры в составе программной платформы «АНАРЭС», и уже интегрирована с системами обработки телеметрической информации. Технология прошла апробацию на реальных энергетических объектах и готова к промышленной эксплуатации. Основным эффектом от внедрения – это повышение качества и эффективности автоматического управления ЭЭС различного масштаба и конфигурации через интеллектуализацию с использованием продвинутых математических моделей и алгоритмов. При этом обеспечивается более гибкое и адаптивное управление режимами электрической сети с получением значительного экономического эффекта в виде снижения потерь энергии и увеличения пропускной способности электрических сетей. Ядром технологии является возможность динамической оптимизации электрических режимов для определения наиболее эффективных управляющих воздействий на ЭЭС. Динамическая оптимизация выполняется на данных телеметрии для точной модели энергосистемы через прогнозирование режимов работы с помощью искусственных глубоких нейронных сетей. Специально подобранная архитектура нейронных сетей с долгой краткосрочной памятью (LSTM) позволяет прогнозировать режимы в реальном времени, что необходимо для практических нужд оперативного диспетчерского управления. Также в технологии впервые применен метод количественной оценки гибкости системы, в котором в качестве меры гибкости рассматривается величина, показывающая уровни и сочетания небалансов (неопределенностей), которые могут быть скомпенсированы без возникновения дефицита мощности или ввода аварийных резервов. Постоянно определяемая в режиме реального времени характеристика гибкости энергосистемы особенно важна для управления системами с большой долей стохастической генерации энергии от возобновляемых источников и активных потребителей.

Технология успешно апробирована при разработке отраслевых технологических решений для энергетических компаний, в числе которых ФСК ЕЭС, ИнтерРАО, Иркутскэнерго, Магаданэнерго, Иркутская электросетевая компания и другие. (ИСЭМ СО РАН; авторы: Осак А.Б., к.т.н. Домышев А.Б.)

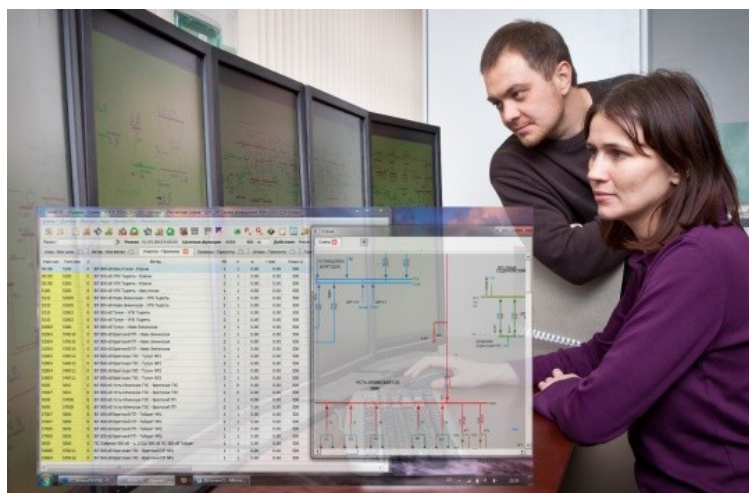


Рис. 72. Демонстрация возможностей технологии интеллектуального управления режимами электроэнергетических систем.

2. В ИНЭИ РАН 2022 году в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения, направленного на создание единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ, обоснованы методические подходы и информационные требования к

интеграции прогнозов развития энергетики в рамках разработки сценариев декарбонизации экономики. Согласование «на входе» задает целеполагание для сценариев энергетики, исходя из прогнозов социально-экономического развития и сценарных допущений о целях, темпах и механизмах декарбонизации экономики.

Разработана методика формирования сценариев развития мировой энергетики, предусматривающая распределенную систему расчетов в нескольких взаимосвязанных модельных блоках (Рис. 73):

— *Блоки прогнозов изменений объемов и структуры (по энергоресурсам) спроса на энергию в секторе конечного потребления, в электроэнергетике и общего энергопотребления с учетом меняющихся под влиянием НТП условий межтопливной конкуренции, факторов энергополитики и климатической политики (включая углеродное регулирование) на потребительское поведение и предпочтения;*

— *Блоки моделирования сценариев развития топливных рынков, в которых выполняется оптимизация параметров глобальных производственных цепочек нефтяной, газовой и угольной отраслей с высокой детальностью по регионам мира (страны и ключевые узлы потребления внутри стран), по структуре добычи, типам и маршрутам транспортировки топлива; с возможным расширением на рынки новых энергоносителей (водород); с детализированным представлением технологической структуры российской нефтяной и газовой отраслей;*

— *Блоки формирования системы мировых прогнозных топливно-энергетических балансов и оценки прогнозных уровней выбросов ПГ в энергетическом хозяйстве (выбросы, связанные с энергетическим использованием ископаемого органического топлива), вклада ТЭК конкретной страны в рамках рассматриваемого сценария декарбонизации национальной экономики;*

— *Блок оценки долгосрочных параметров экспорта российских ТЭР (по объемам, ценам и выручке), влияющих как на параметры развития экономики, так и на финансовые характеристики нефтяной, газовой и угольной отраслей ТЭК страны.*

Разработана методика формирования сценариев развития и низкоуглеродной трансформации ТЭК России, как составной части сценариев декарбонизации российской экономики, предусматривающая распределенную систему расчетов в нескольких взаимосвязанных модельных блоках (Рис. 74):

– *Блок прогноза спроса на ТЭР, в котором на основе отраслевой и региональной детализации прогноза экономики страны, с применением комбинации статистических и аналитических методов и результатов оптимизации развития и технологической структуры ТЭК, формируются потребности в отдельных видах топлива и энергии в секторе конечного потребления и отраслях ТЭК по стране в целом и федеральным округам, учитывающие эффективные масштабы энергозамещения и технологической перестройки в энергетике;*

– *Блок оптимизации развития и технологической структуры ТЭК и его отраслей, в котором выполняется:*

- моделирование сценариев развития и технологической перестройки ТЭК страны с учетом целей по декарбонизации на базе межотраслевой оптимизационной системно-технологической модели, позволяющей уточнить объемы конечного энергопотребления с учетом технологических факторов энергосбережения и энергозамещения;

- оптимизация технологической и территориальной динамики развития отраслей ТЭК (с учётом целей и условий декарбонизации) с оценкой эффективных объемов производства и транспорта ТЭР, отраслевых выбросов ПГ, с определением потребности в капиталовложениях; для нефтяной и газовой

отраслей данная задача решается в рамках оптимизации параметров глобальных производственных цепочек;

- анализ ограничений по внутригодовым режимам использования технологий для «сетевых» энергоносителей (электроэнергия, с возможным расширением на централизованное тепло и газ) с оценкой эффективных режимов использования производственных мощностей и развития систем хранения (накопителей) энергии;

– *Блок оценки экономических параметров развития ТЭК*, в котором на базе финансово-экономических моделей для каждой отрасли ТЭК (а) прогнозируется динамика параметров себестоимости, прибыли, движения денежных средств, располагаемых собственных и внешних инвестиционных ресурсов и (б) формируется прогноз интегральных экономических характеристик, позволяющих далее в рамках межотраслевого макроэкономического прогнозирования получить оценку последствий реализации сценариев декарбонизации в энергетическом хозяйстве страны.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке основных направлений энергетической политики в стране (**ИНЭИ РАН**; авторы: академик РАН Филиппов С.П., Аликин Р.О., Веселов Ф.В.).

*Публикации:*

1. Аликин Р.О. Модельная оценка адаптивности прогнозной структуры генерирующих мощностей с растущей долей безуглеродных источников к меняющимся режимам энергопотребления // В сб. Возобновляемые источники энергии и приоритеты научно-технологического развития энергетики России. Сборник докладов Школы молодых ученых – М.: ИНЭИ РАН, 202 – с. 7 - 17. ISBN 978-5-91438-034-9.

2. Филиппов С.П. Стратегические направления развития энергетики России в новых условиях / XVI Международная научно-техническая конференция "Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов", Пленарное заседание. 11 – 13 октября 2022 г., г. Саратов, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

3. Веселов Ф.В. Вклад различных технологий в сдерживание выбросов углерода в электроэнергетике России: ретроспективный анализ и прогнозные оценки / Всероссийская научная молодежная школа «Возобновляемые источники энергии и приоритеты научно-технологического развития энергетики России». Москва, ИНЭИ РАН, МГУ, 16-17 ноября 2022 г.

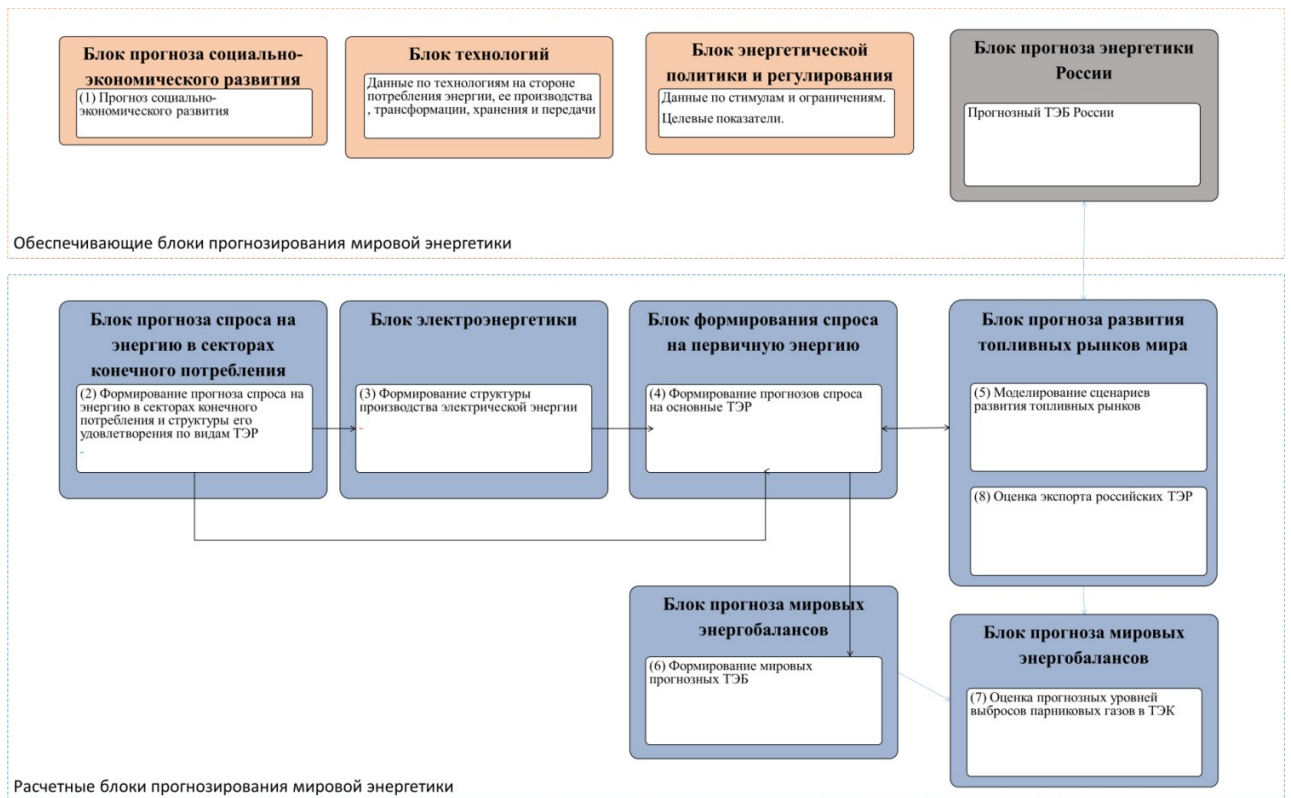


Рис. 73. Декомпозиция расчетных и обеспечивающих задач при формировании сценариев развития энергетики мира

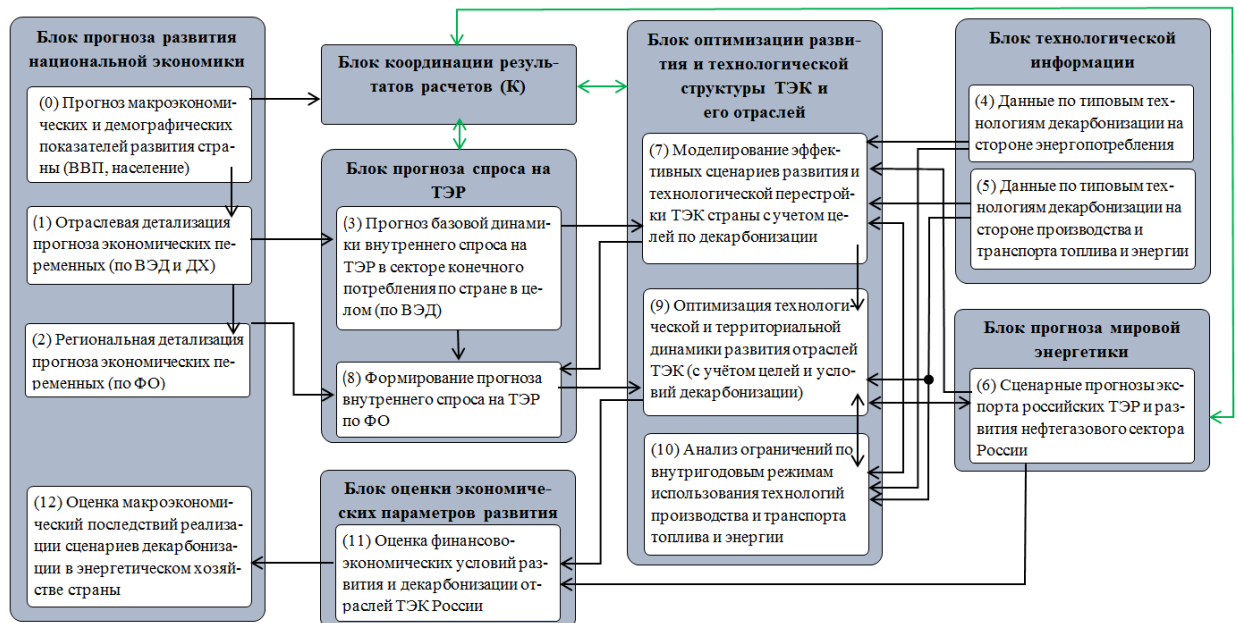


Рис. 74. Декомпозиция расчетных и обеспечивающих задач при формировании сценариев развития энергетики России

3. В ИБРАЭ РАН завершены многолетние исследования по реконструкции и оценке радиационных последствий самой крупной в истории атомных флотов мира ядерной аварии на атомной подводной лодке, произошедшей в 1985 г. на Дальнем Востоке в б. Чажма. Определены ее радиационные последствия для населения Приморья и приграничной провинции Хэйлуцзян Китая. Систематизирована информация и проведен анализ последствий теплового взрыва ядерного реактора, инициированного неконтролируемой самоподдерживающейся цепной реакцией, возникшей на атомной подводной лодке К-431 Тихоокеанского

флота 10 августа 1985 г. в бухте Чажма под Владивостоком в Приморском крае. Авария произошла на судоремонтном заводе при восстановлении энергоресурса ядерной энергетической установки. Определены поражающие факторы ядерной аварии, их количественная оценка, нанесенный ущерб. Приведена полная радиационная и радиоэкологическая обстановка в местах образования радиоактивного следа и за его пределами (Рис. 75). Впервые представлен целостный ретроспективный прогноз начального этапа возникновения аварии и ее последующие стадии в интересах обеспечения безопасности персонала и населения. Определены дозовые нагрузки и допустимость проживания населения в районах радиоактивного выпадения в Приморском крае и сопредельной части Китайской Народной Республики. Рассмотрены направления и эффективность реабилитации, нерешенные вопросы, социально-экономические последствия. Оценен фактор психологического воздействия на население Дальнего Востока в условиях ограниченного объема официальной информации о последствиях аварии и постоянного давления со стороны представителей местных и международных экологических организаций (ИБРАЭ РАН; автор: Антипов С.В.)

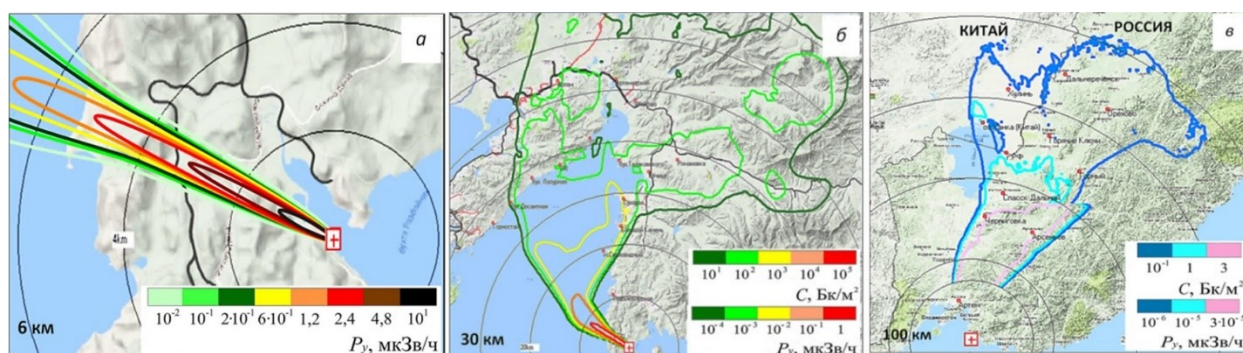


Рис. 75. Изменение мощности дозы и плотности выпадения <sup>60</sup>Со на п-ве Дунай (а), акватории Уссурийского залива (б), территории Приморья и в приграничной зоне Китая (в)

4. В ОИВТ РАН в рамках решения важнейшей проблемы применения сверхтугоплавких керамик, связанной с деградацией их свойств при окислении и их работоспособности при воздействии экстремально высоких тепловых потоков, создана современная установка, имитирующая воздействие экстремального теплового потока на сверхтугоплавкие керамики в окислительной среде с помощью лазерного излучения. Впервые получены данные по динамике формирования оксидного слоя карбидов циркония и тантала, определена температура кипения оксида тантала (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), составившая 2400 К, которая всего на 250 К превысила температуру его плавления (MP) (Рис. 76). Уникальные свойства материалов из сверхтугоплавких керамик (УНТС-Ultra High Temperature Ceramics) с температурами плавления, близкими к 4000°К, делают их незаменимыми для перспективных технических проектов ближайшего будущего – теплозащитных покрытий, элементов камер сгорания и источников энергии для летательных аппаратов различного назначения и др. Прогресс в разработке и применении сверхтугоплавких материалов необходим для технологического лидерства и обеспечения независимости Российской Федерации (ОИВТ РАН; авторы: д.ф.-м.н. Шейндлин М. А., Брыкин М. В., Бгашева Т. В., Васин А. А., Вервикишко П. С., Петухов С. В., Фролов А. М.).

*Публикация:*

Шейндлин М. А., Брыкин М. В., Бгашева Т. В., Васин А. А., Вервикишко П. С., Петухов С. В., Фролов А. М., Сверхтугоплавкие карбиды при воздействии излучения мощного технологического лазера. Photonics, vol. 16, No 2,142-155 (2022)

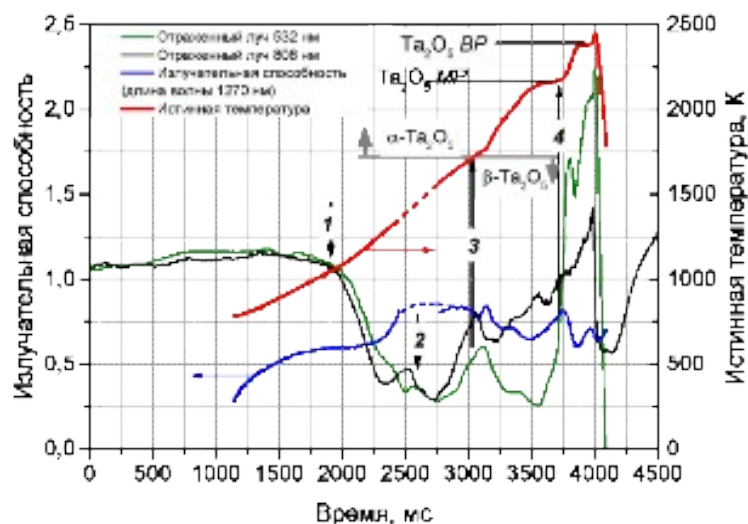


Рис. 76. Термограмма нагрева образца в потоке воздуха

В ИТПЭ РАН широко используемые в медицинской практике методы определения уровня глюкозы в крови дают оценку среднего содержания глюкозы в организме либо на масштабе нескольких часов (по уровню глюкозы в крови), либо на масштабе 3-4 месяцев (по гликированному гемоглобину). Гликированный сывороточный альбумин человека (GHSA) позволяет оценивать уровень глюкозы с периодом накопления 2-3 недели, поэтому он может эффективно использоваться как в качестве маркера диабета 2-го типа, так и для мониторинга лечения. Однако существующие методы обнаружения GHSA требуют трудоемкой подготовки образцов, использования множества реагентов, сложного оборудования и не могут быть использованы в стационарных условиях. Использование ГКР может облегчить обнаружение GHSA благодаря упрощению подготовки образцов, автоматизации измерений и обработки результатов. В нашем исследовании [1] предложена сенсорная система для прямого определения уровня гликированного альбумина человека для медицинского применения. В качестве сенсорных элементов использовались разработанные в ИТПЭ РАН ГКР-активные подложки на основе тонких наноструктурированных пленок серебра. Спектры ГКР регистрировались на образцах, полученных сушкой капли анализируемого раствора, нанесенного на поверхность таких пленок. Использование методов распознавания образов, применяемых к спектрам ГКР гликированного альбумина и сывороточного альбумина человека, позволило избежать сложной подготовки образцов и определить содержание GHSA в биологически значимых концентрациях. В частности, удалось определить GHSA при концентрациях менее 25% от общего значения альбумина на образцах для валидации с концентрацией GHSA 8% и 11% (Рис. 77). Таким образом, ГКР в сочетании с методами искусственного интеллекта может быть мощным и эффективным инструментом для количественного анализа белковых смесей (ИТПЭ РАН; авторы: Слипченко Е.А., Богинская И.А., Сафиуллин Р.Р., Рыжиков И.А., Седова М.В., Афанасьев К.Н., Нечаева Н.Л., Курочкин И.Н., Мерзликин А.М., Лагарьков А.Н.)

*Публикация:*

1. SERS Sensor for Human Glycated Albumin Direct Assay Based on Machine Learning Methods Ekaterina A. Slipchenko, Irina A. Boginskaya, Robert R. Safiullin, Ilya A. Ryzhikov, Marina V. Sedova, Konstantin N. Afanasev, Natalia L. Nechaeva, Ilya N. Kurochkin, Alexander M. Merzlikin and Andrey N. Lagarkov. // Chemosensors. – 2022. – №10. – P.520. DOI:10.3390/chemosensors10120520.

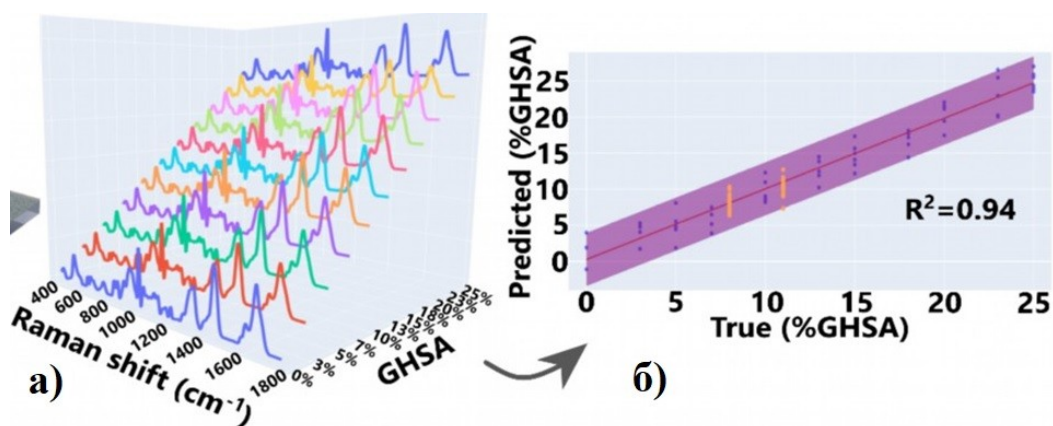


Рис. 77. а) Спектры ГРП смесей HSA - GHSA; б) результаты применения линейной регрессионной модели с механизмом регуляризации к экспериментальным данным, прогнозируемые концентрации валидации

### Результаты с инновационным потенциалом

В ОИВТ РАН разработана технология одностадийного синтеза фторида лития из сподумена – минерального сырья, на которое приходится значительная доля добычи лития. Технология основана на методе ликвационной плавки системы  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{NaF}$  и не имеет аналогов в мировой практике переработки сподуменовых руд (Рис. 78). Уникальность технологии заключается в одностадийном получении фторида лития, что упрощает технологический цикл. Основные преимущества: отсутствие отходов производства (в результате получают фторид лития и стеклокерамика); сокращение времени технологического цикла синтеза фторида лития. Алюмосиликатный расплав, образующийся при ликвационной плавки, направляется на получение стеклокерамических материалов. Области применения получаемого фторида лития являются: электродные материалы и электролиты литий-ионных аккумуляторов, производство ряда медицинских препаратов, синтез полимеров, производство алюминиево-литиевых сплавов, широко используемых в современном самолетостроении; атомная энергетика – фторид лития рассматривается как важный компонент теплоносителя перспективных жидкосолевых ядерных реакторов (ОИВТ РАН; авторы: д.г.-м.н. Делицын Л.М., Кулумбегов Р.В., Синельщиков В.А., Попель О.С., Сульман М.Г.).

#### *Публикации:*

Делицын Л.М., Кулумбегов Р.В., Синельщиков В.А., Попель О.С., Сульман М.Г. Ликвационная плавка системы  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{NaF}$  как метод получения фторида лития// Неорганические материалы. 2022. Том 58, №10, с. 1101-1110. DOI: 10.31857/S0002337X22100062.

Патент на изобретение (проходит экспертизу) Патент РФ. 2022. Способ получения фторида лития. Делицын Л.М., Кулумбегов Р.В., Попель О.С., Беляев И.А. (Заявка No 2022129095 от 10.11.2022).



Рис. 78. Технология одностадийного синтеза фторида лития из сподумена – минерального сырья

## Дальневосточное отделение РАН:

### 1. Система формирования программных сигналов для исполнительных электроприводов манипуляторов с избыточными степенями подвижности

**Краткая характеристика основных технических параметров.** Создан программно-аппаратный комплекс (Рис. 79) для безаварийного управления манипуляционными роботами (МР) при функционировании в условиях, когда траектории движения их рабочих инструментов не могут быть заранее заданы, а формируются непосредственно в процессе выполнения работ [1, 2]. Этот комплекс (система) за счет использования избыточных степеней подвижности (подвижного основания МР или позиционера/конвейера) позволяет исключить вход этого робота во все положения, в которых нарушаются плавность и точность движений его рабочего инструмента.

**Область возможного использования.** Предлагаемая система предназначена для автоматизации следующих видов деятельности: выполнение производственных технологических операций (сварка, резка, фрезерование и т.п.); выполнение подводных технологических операций.

**Степень готовности разработки к практическому применению.** Степень готовности технологии к практическому применению не ниже УГТ4 (компонент и/или макет испытаны в лабораторном окружении) согласно ГОСТ Р 58048-2017.

**Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения** заключается в расширении области применения манипуляционных роботов и снижении издержек производства за счет уменьшения доли ручного труда при выполнении различных технологических операций.

**Сравнительные характеристики с известными разработками.** Ближайшие аналоги предлагаемой системы, представленные автоматическими системами управления технологическими процессами «MasterCAM», «SprutCAM» и др., не позволяют выполнять работы в условиях неопределенности, что ограничивает их область применения.

**Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки.** По теме разработки в 2022 году получен патент на способ управления рабочим органом многостепенного манипулятора [3].

#### Публикации:

1. Филаретов В.Ф., Губанков А.С., Горностаев И.В. Разработка метода формирования программных сигналов для исполнительных электроприводов манипуляторов с избыточными степенями подвижности. Часть I // Мехатроника, автоматизация, управление. 2022. Т. 23. № 1. С. 23-30.

2. Филаретов В.Ф., Губанков А.С., Горностаев И.В. Разработка метода формирования программных сигналов для исполнительных электроприводов манипуляторов с избыточными степенями подвижности.



3. Патент РФ № 2771456. Способ управления рабочим органом многостепенного манипулятора / Филаретов В.Ф., Горностаев И.В. Бюл. № 13, 2022.

Работа выполнена в ИАПУ ДВО РАН. Руководитель работ д.т.н. Филаретов В.Ф.



Рис. 79. Робототехнический стенд

## **2.. Программно-алгоритмический комплекс для прогнозирования нестационарных многомерных процессов**

**Краткая характеристика основных технических параметров.** Программно-алгоритмический комплекс (Рис. 80) характеризуется реализацией новых методов предобработки промышленных данных и построения нелинейных динамических и адаптивных виртуальных анализаторов.

**Область возможного использования.** Образование, проектирование систем усовершенствованного управления технологическими процессами (СУУТП) для химических реакторов, абсорбционных и ректификационных колонн в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической промышленности и биотехнологии.

**Степень готовности разработки к практическому применению.** Программно-алгоритмический комплекс готов к внедрению в практическую среду.

**Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения.** Виртуальные анализаторы, разрабатываемые с помощью комплекса, позволяют создавать СУУТП, обеспечивающие максимальный выход наиболее ценных продуктов и снижение энергозатрат производственного процесса.

**Сравнительные характеристики с известными разработками.** Высокая точность оценивания и прогнозирования показателей качества технологических процессов: в среднем на 30-40% лучше известных аналогов.

**Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки.** Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022613587 Российская Федерация. Программа для разработки и исследования функционирования адаптивного виртуального анализатора с применением кластеризации / Снегирев О.Ю.; опубл. 14.03.2022.

Работа выполнена в ИАПУ ДВО РАН. Руководитель работ д.т.н. Торгашов А.Ю.



Рис. 80 Архитектура программно-алгоритмического комплекса

### 3. Алгоритм для построения виртуальных анализаторов показателей качества непрерывных технологических процессов (Рис. 81)

**Краткая характеристика основных технических параметров.** Алгоритм предназначен для повышения точности виртуальных анализаторов в условиях малого набора обучающего сегмента данных.

**Область возможного использования.** Образование, проектирование систем усовершенствованного управления технологическими процессами (СУУТП) для химических реакторов, абсорбционных и ректификационных колонн в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической промышленности и биотехнологии.

**Степень готовности разработки к практическому применению.** Алгоритм готов к внедрению в практическую среду.

**Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения** Виртуальные анализаторы, разрабатываемые с помощью алгоритма, позволяют создавать СУУТП, обеспечивающие максимальный выход наиболее ценных продуктов и снижение энергозатрат производственного процесса.

**Сравнительные характеристики с известными разработками.** Высокая точность оценивания показателей качества технологических процессов: в среднем на 30-40% лучше известных аналогов.

**Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки.** Разработка прошла успешное тестирование в условиях промышленного производства на Сызранском НПЗ для подтверждения достаточного уровня патентоспособности.

Работа выполнена в ИАПУ ДВО РАН. Руководитель работ д.т.н. Торгашев А.Ю.

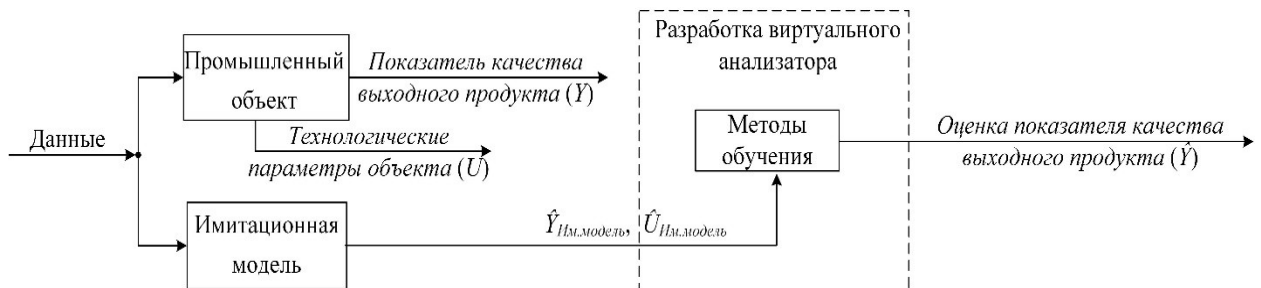


Рис. 81. Алгоритм разработки виртуальных анализаторов в условиях малого набора обучающего сегмента данных

### 4. Система управления подводными аппаратами с многозвенными манипуляторами для выполнения контактных манипуляционных операций

**Краткая характеристика основных технических параметров.** Система управления подводными

аппаратами, оснащенными многозвенными манипуляторами, предназначена для автоматического выполнения контактных манипуляционных операций (Рис. 82) в режиме зависания аппаратов вблизи или над объектами работ.

**Область возможного использования.** Выполнение подводных операций отбора бактериальных матов и введения пробоотборников в грунт, очистки поверхностей от обрастаний и заливаний, установки пробоотборников в контрольные отверстия на подводных манифольдах, а также других технологических работ.

**Степень готовности разработки к практическому применению.** Система готова к внедрению в практическую среду. Степень готовности технологии к практическому применению не ниже УГТЗ (критические функции и/или характеристики подтверждены аналитическим и экспериментальным путем) согласно ГОСТ Р 58048-2017.

**Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения.** Разработка позволит выполнять контактные операции в режиме стабилизируемого зависания аппарата с оказанием манипулятором желаемого силового воздействия на объект работ, не требуя использования дорогостоящих сило-моментных датчиков.

**Сравнительные характеристики с известными разработками.** Результаты исследований свидетельствуют о высокой эффективности системы как в части обработки сенсорной информации, так и при позиционно-силовом управлении подводным аппаратом с многозвенным манипулятором.

**Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки.** Разработка протестирована с помощью экспериментов и численного моделирования в программных пакетах V-REP и Matlab/Simulink. Получен патент РФ на изобретение №2781926. Способ управления многозвенным манипулятором необитаемого подводного аппарата для выполнения манипуляционных операций с подводными объектами // Коноплин А.Ю., Юрманов А.П. Красавин Н.А., Пятавин П.А. Бюл. № 30 от 21.10.2022.

Работа выполнена в ИПМТ ДВО РАН. Руководитель работ к.т.н. Коноплин А.Ю.

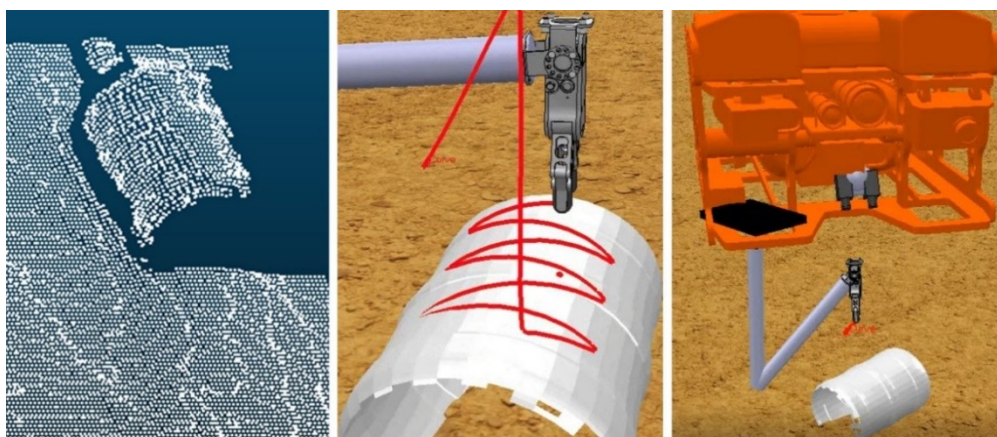


Рис. 82. Визуализация процесса выполнения манипуляционной операции

## 5. Технология использования подводных аппаратов для выполнения глубоководных работ

**Краткая характеристика основных технических параметров.** Технология, а также специальные программные средства поддержки деятельности операторов, предназначенные для эффективного использования телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА) и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) для выполнения глубоководных работ (Рис. 83).

**Область возможного использования.** Разработки могут быть использованы для выполнения поисковых, осмотровых и технологических операций ТНПА и АНПА.

**Степень готовности разработки к практическому применению.** Разработки готовы к внедрению в практическую среду. Степень готовности технологии к практическому применению УГТ9 (реальная система подтверждена путем успешной эксплуатации (достижения цели)) согласно ГОСТ Р 58048-2017.

**Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения.** Система интеллектуальной поддержки деятельности операторов позволит значительно расширить возможности ТНПА в процессе выполнения многих уникальных работ, существенно сокращая время выполнения подводных операций. Созданный в ИПМТ ДВО РАН АНПА ММТ-3500 способен выполнять широкий спектр поисковых и обследовательских миссий на глубинах до 3500м.

**Сравнительные характеристики с известными разработками.** Существующие системы не предоставляют операторам рекомендаций (предупреждений) по предотвращению аварийных ситуаций и не решают проблему скоординированного перемещения ТНПА и его блока-заглубителя для комплексного обследования протяженных глубоководных полигонов. АНПА ММТ-3500 имеет технические характеристики и функциональные возможности на уровне современных отечественных и зарубежных аналогов.

**Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки.** Разработки прошли успешные испытания в глубоководных научно-исследовательских экспедициях для подтверждения достаточного уровня патентоспособности.

Работа выполнена в **ИПМТ ДВО РАН**. Руководитель работ к.т.н. Коноплин А.Ю.

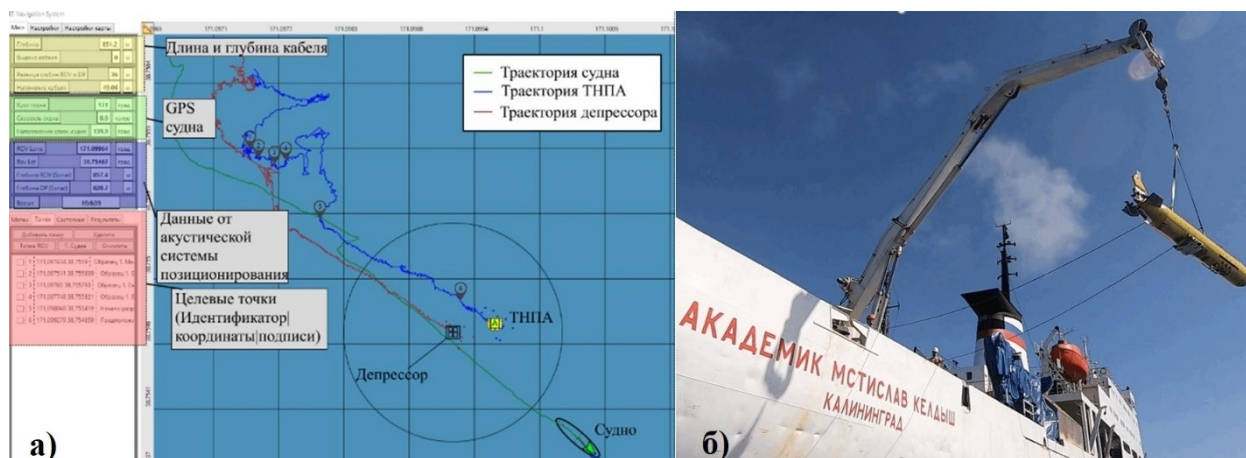


Рис. 83. Интерфейс системы (а) и АНПА ММТ-3500 (б) в условиях морских экспедиций

## 6. Настройка микропроцессорных устройств ТТР-01 для автоматического управления в системах отопления и горячего водоснабжения

**Краткая характеристика основных технических параметров.** Функциональные возможности разработки:

- телеуправление ТТР-01 из диспетчерского пункта;
- динамическая настройка коммуникационного канала через параметры командной строки;
- автоматическое считывание всех данных ТТР-01 и преобразование для отображения в программе;
- мониторинг датчиков температуры, режимов работы, событий и диагностической информации ТТР-01;

- настройка контура теплоснабжения, работы насосов и недельной программы понижения температурного графика;
- запись данных с автоматической верификацией значений конфигурационных параметров и их успешной передачи в TTR-01.

**Область возможного использования.** Различные области промышленности и жилищно-коммунального хозяйства для автоматического управления и регулирования подачи тепла в системах теплоснабжения с целью энергосбережения.

**Степень готовности разработки к практическому применению.** Разработка апробирована и внедрена в эксплуатацию в системе теплоснабжения ПАО «Дальприбор». Разработка будет использована в текущем отопительном сезоне для сервисного обслуживания тепловых узлов с регуляторами TTR-01 (Рис. 84), установленными в рамках проекта «Цифровое Приморье».

**Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения.** Благодаря оперативной и правильной настройке регуляторов в системах теплоснабжения можно максимально рационально использовать энергетические ресурсы, при этом сохранять комфортную температуру днем и приемлемо пониженную температуру ночью, что позволяет сэкономить за отопительный сезон порядка 20% за счёт повышения эффективности и энергосбережения.

**Сравнительные характеристики с известными разработками.** Разработка позволяет улучшить информационную поддержку систем автоматического погодного регулирования теплоснабжения по сравнению с программным обеспечением, предоставляемым производителем оборудования TTR-01 за счёт дистанционного сбора, верификации и анализа данных в единой с теплосчетчиками системе. Технология импортозамещения ранее популярных регуляторов Danfoss ECL Comfort.

**Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки.** Разработка готова для регистрации в РОСПАТЕНТ с целью получения свидетельства «О государственной регистрации программы для ЭВМ».

Работа выполнена в **ИАПУ ДВО РАН**. Руководитель работ д.т.н. Чипулис В.П.

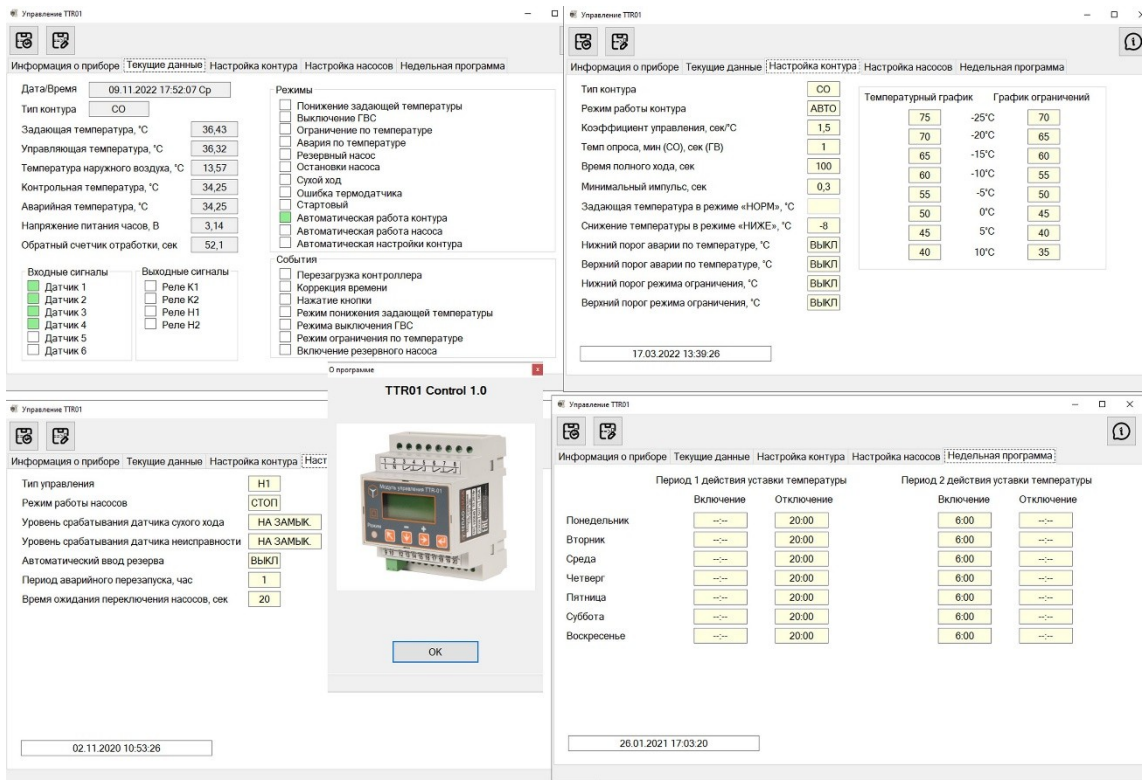


Рис. 84. Программа для телеуправления тепловым узлом с регулятором TTR-01

## 7. Диагностика нештатных ситуаций в системах теплоснабжения на основе экспертной оценки

**Краткая характеристика основных технических параметров.** Функциональные возможности разработки:

- спецификация перечня нештатных ситуаций (НС) для тепловычислителя;
- выбор точки учёта для диагностики (объект-потребитель тепла, прибор и система теплоснабжения) с использованием системы классификации (ведомственная принадлежность, географическое положение, источник тепла и т.д.);
- задание интервала времени для выбора архива измерительной информации с кодами НС и отображения их в программе;
- экспертная диагностика НС неконтролируемых системой самодиагностики тепловычислителя;
- формирование актов о выходе из строя узлов учёта тепловой энергии с перечислением обнаруженных неисправностей средств измерений и рекомендаций по устранению НС;
- сохранение в базе данных информации о НС для последующего пересчёта потребленной тепловой энергии.

**Область возможного использования.** Контроль работы и поверка тепловычислителей в системах учёта тепловой энергии и теплоносителя (Рис. 85).

**Степень готовности разработки к практическому применению.** Апробация разработки проведена в межотопительный период на жилых зданиях управляющей компании «Столетие», г. Владивосток. В текущем отопительном сезоне 2022–23 гг. диагностика нештатных ситуаций используется для сервисного обслуживания более 500 тепловычислителей Приморского края.

**Возможный технический и (или) экономический эффект от внедрения** своевременная

диагностика и устранение технических неисправностей позволяет поддерживать работоспособность теплосчетчиков и не допускать вывода из эксплуатации узла учёта тепловой энергии.

**Сравнительные характеристики с известными разработками.** Разработка позволяет дополнить систему самодиагностики тепловычислителей. Разработка обеспечивает оперативную реакцию на нестандартные ситуации, которые нельзя обнаружить с помощью средств измерений, установленных на тепловом узле (проверка теплосчётчика, замена батареи тепловычислителя и т.п.).

**Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки.** Разработка готова для регистрации в РОСПАТЕНТ с целью получения свидетельства «О государственной регистрации программы для ЭВМ».

Работа выполнена в ИАПУ ДВО РАН. Руководитель работ д.т.н. Чипулис В.П

The image shows a software interface for monitoring heat meter status. The main window displays a table of 'Non-standard situations' (Нештатные ситуации) with columns for time, energy consumption (Q, G), and various parameters (M1, M2, V1, V2, Vx, T1, T2, P1, P2, ЧН, КО, НС). A secondary window shows an 'Act on the exit of the meter node from service' (Акт о выходе из строя узла учёта тепловой энергии) form, detailing the date and location of the incident, the type of fault (battery replacement), and the actions taken. A third window shows a list of heat meters with their status (e.g., 'closed', 'open', 'fault').

Рис. 85. Экспертиза технического состояния тепловычислителя

## Химия и науки о материалах

### Оценка состояния фундаментальных наук в 2022 году и прогноз развития области науки по профилю Отделения химии и наук о материалах РАН

В Стратегии 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, проводящиеся 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, и для оценки рисков, изучения загрязняющих веществ, выявления и характеристики источников загрязнения, а также для моделирования технологических процессов. При этом наиболее перспективными остаются возможности и выгоды в применении машинного обучения и анализа данных для решения проблем химии и материаловедения, и есть уверенность, что новые методы значительно продвинули исследования в этих областях в ближайшие годы

Ещё одно важное направление – источники энергии для современной техники. Нужны качественные и доступные по цене аккумуляторы. Без недорогого хранения энергии возобновляемые источники энергии, такие как солнце и ветер, никогда не станут массовыми. Вот почему важность аккумуляторных технологий неуклонно повышается и современные литий-ионные аккумуляторы чрезвычайно востребованы. В настоящее время мы зависимы от легкодоступных запасов лития, которые достаточно быстро истощаются. Работы по более рациональному использованию лития и более эффективному его извлечению из новых, разных по доступности источников, одни из высокоприоритетных. С применением методов компьютерной химии были спроектированы новые экстрагенты для эффективного связывания лития, предсказана и путём проведения экстракционных исследований подтверждена их способность к селективному его извлечению. Разработанный способ извлечения лития из водных сред с применением экстракционного процесса методом полного противотока показал высокую эффективность извлечения лития из рассолов с его содержанием от 10 мг/л. Это обеспечивает высокую степень и избирательность извлечения лития для широкого диапазона источников литиевого сырья. Используемые в данном способе экстрагенты в сравнении с существующими аналогами имеют лучшие экстракционные характеристики и более низкую стоимость, что позволяет разработать отечественную технологию извлечения лития

Наряду с этим необходимо подчеркнуть потенциал другого щелочного металла – натрия. Его использование дает несколько преимуществ. Во-первых, это более распространенный элемент, и поэтому меньше зависимость от истощающихся запасов лития. Кроме того, натриево-ионные аккумуляторы не используют кобальт, а катоды натриевых аккумуляторов содержат железо и марганец, легкодоступных и распространённых металлов первого ряда. Хотя натрий-ионные растворы по-прежнему уступают литиевым с точки зрения срока годности и плотности энергии, они предлагают интересные возможности с точки



зрения устойчивости и общей экономии, поскольку их материалы и компоненты легко разбираются, восстанавливаются и перерабатываются вторично. Более того, преимущества натриевых батарей особенно ярко проявляется при учёте дефицита минералов кобальта и лития. Перспективный подход к разработке более эффективных натриево-ионных аккумуляторов связан с вычислительной химией. Разработка экономически эффективных моделей квантовой химии, машинное обучение и бурное развитие суперкомпьютеров продвинули вперед исследования материалов. В области аккумуляторов эти вычислительные методы помогут разработать новые смеси для электродов и электролитов, а также будут способствовать лучшему пониманию поведения материалов и прогнозированию их свойств.

Неизменным и в химических исследованиях и в материаловедении остаётся важность аналитических исследований и надёжность и точность данных, получаемых в результате. Современные методы аналитической химии позволяют намного эффективнее, чем еще недавно, проводить химический анализ в целях диагностики материалов, контроля технологических процессов, сертификации продукции, в интересах медицины, охраны окружающей среды или криминалистики. Большое значение приобрели методы хромато-масс-спектрометрии и жидкостной хроматографии; значительные перспективы имеет лазерная спектрометрия или спектрометрия ионных подвижностей. Проблемой для нашей страны является разработка и выпуск сложных аналитических приборов, призванных заменить ранее импортируемые. На её решение в течение 2-4 лет необходимо направить значительные усилия, поскольку в противном случае говорить о мировом уровне наших исследований и разработок будет невозможно.

По-прежнему чрезвычайно важными остаются исследования в области стекла и керамических материалов, включая бронезащитные. Такая же ситуация и с композитными материалами с функциональными свойствами – магнитными, бимагнитными, магнитоэлектрическими и рядом других свойств. Они востребованными в микроэлектронике, спинтронике (например, для создания элементов энергонезависимой резистивной памяти, конденсаторов нанометрового размера с высокой емкостью), а также могут быть использованы в качестве разделительных мембран для ультрафильтрации с применением магнитного поля (в биотехнологиях, технологиях водоподготовки, медицины).

Аддитивные технологии и материалы для них являются доминантой нового технологического уклада и одной из главных мировых тенденций, они принципиально меняют облик современного промышленного производства. Аддитивные технологии стали выгодной альтернативой традиционному производству, требующему огромных инвестиций и ресурсов. Еще одно их весомое преимущество — значительно меньший уровень отходов. Необходимо подчеркнуть, что развитие аддитивных технологий невозможно без создания и адаптации к ним новых высокотемпературных материалов (металлических, интерметаллидных, керамических, полимерных, в том числе особо чистых), расширения номенклатуры металлических наноструктурных, субмикроструктурных, а также ультрамелкозернистых материалов (жаропрочные бронзы и алюминиевые сплавы, градиентные материалы, металло-композиты, проволоки и др.). С учётом этих особенностей методом аддитивных технологий разработаны металлические модули нового поколения со структурой на основе трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ) для тепловых и механических нагрузок. Использование ТППМЭ геометрии позволило сочетать три эффекта: 1) создание разнесенных конструкций в виде нескольких слоев материала, расположенных с зазором, что позволяет эффективно осуществлять защиту конструкции; 2) формирование криволинейного рельефа на поверхности изделия, что способствует поглощению большей доли энергии при любой нагрузке; 3) позволяет наиболее эффективно распределять энергию нагружения. За счет распределения нагрузки такие материалы обладают высокими энергопоглощающими свойствами, что

подтверждается моделированием и экспериментальными результатами.

Фундаментальные исследования в области конструкционных материалов находятся в целом на мировом уровне, а в ряде случаев даже несколько опережает его. Наиболее хорошие позиции имеются в сфере разработок новых металлических, керамических и композиционных материалов на основе металлической матрицы, а также фундаментальной науки о полимерах. Некоторое отставание наблюдается по волокнистым материалам, полимерным связующим и высокопрочным высокомодульным композитам на основе непрерывных волокон.

В области химии высокомолекулярных соединений одним из наиболее актуальных направлений, кроме по-прежнему востребованных нанокремниевых волокон и трубок, наряду с графеновыми материалами, является разработка гибких электроактивных материалов. В качестве результата работ в этом направлении можно отметить разработку на основе наногрифта и полиэтилена со сверхвысокой молекулярной массой нового высокопроводящего композитного материала. Он сочетает высокую проводимость, высокое поглощение электромагнитного излучения, высокую гибкость и механическую прочность. Сочетание характеристик и низкой стоимости материала определяют его перспективность в качестве защиты от электромагнитного излучения и для производства гибкой электроники. Дальнейшее возможное развитие этого направления – волоконные аккумуляторы. Они представляют собой еще одно интересное решение и в то же время открывают новые возможности в мире носимой электроники. Конфигурация волоконных батарей полностью отличается от традиционных: они имеют почти одномерную конструкцию с переплетенными проводами в качестве электродов. Конструкция защищена полимерным покрытием, которое также герметизирует электролит внутри батареи. Аналогичным образом, модифицированная версия этой конструкции дает суперконденсаторы. В целом, волоконные аккумуляторы обладают рядом преимуществ по сравнению с другими решениями; они гибкие, прочные и безопасные. Более того, тканые волокна приводят к созданию “тканей” для батарей, идеальных для применения в носимой электронике. Тканевые батареи могут сопрягаться с текстильным дисплеем и интерактивной одеждой, используемой для различных целей.

В области медицинской химии в настоящее время акцент обоснованно делается на противовирусные препараты, лекарственные средства, ограничивающие цитокиновый шторм при различных инфекционных патологиях, а также нейропротекторы и когнитивные стимуляторы. Сейчас вакцины являются ключевой стратегией смягчения последствий пандемии, вызванной вирусом COVID-19. Но их применение можно рассматривать гораздо шире, чем просто прививка от инфекционных патогенов. Они востребованы и при других заболеваниях и открывают новые возможности для персонализированной медицины. Теперь новые материалы и методы доставки могут упростить производство и улучшить результаты их использования. Кроме того, 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. Всё более востребованными становятся противогрибковые препараты. Грибковые заболевания ежегодно приводят к миллионам смертей и могут снижать резистентность к бактериальным и вирусным инфекциям. Современные методы лечения, такие как полиены, азолы и эхинокандины, устарели и часто не дают излечения, а также связаны с серьезными побочными эффектами. Необходимы новые исследования и разработки для улучшения результатов и для того, чтобы идти в ногу с появляющимися патогенами. Перспективными являются и биоконъюгированные биоматериалы – новая генерация 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 противотуберкулёзные препараты, особенно против дормантных штаммов палочки Коха.

Фотокатализ, стремительно набирающий популярность, также открывает большие возможности. Непосредственно используя свет (возможно и солнечный) для активации и ускорения реакций, химики экономят этапы и упрощают общий процесс. Многие считают фотокатализ идеальным методом получения продуктов, богатых энергией, в том числе и топлива. В настоящее время уже возможно сочетание созданных человеком катализаторов с природными структурами, такими как ферменты или даже бактерии. Среди возникающих при этом преимуществ – такие системы уже обеспечивают доступ к товарным химическим веществам. Наряду с этим одним из приоритетов становится разработка систем, сочетающих фото- и электрокатализ.

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

Развитие фундаментальных наук по направлениям ОХНМ РАН имеет тенденцию к интеграции нескольких научных специальностей при развитии 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.

Также 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.

Основные конкурентные преимущества нашей страны заключаются в наличии квалифицированных научных кадров, имеющегося научного задела и ведущихся 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, очень ограниченное количество ставок научных сотрудников в организациях, занимающихся фундаментальной наукой, отсутствие новых ставок для принятия на работу молодых инженеров-исследователей и научных сотрудников, которые могли бы быстро встроиться в процесс исследований, пока еще не ушли зрелые квалифицированные кадры, а также имеющийся 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 накопились определенные проблемы, связанные с внедрением фундаментальных разработок в промышленность: от государственных органов власти нет 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**

### **1. Новый подход разработки нано-структурированных катализаторов, заключающийся в анализе данных электронной микроскопии с помощью алгоритмов искусственного интеллекта**

Предложен принципиально новый подход разработки нано-структурированных катализаторов, заключающийся в анализе данных электронной микроскопии с помощью алгоритмов искусственного интеллекта (Рис. 86). Разработана уникальная методика визуального наблюдения каталитических и органических процессов на микрометровом и нанометровом уровнях. Ключевым этапом разработанного подхода является высокоскоростная обработка больших объемов данных о нано-структуре катализатора с применением машинного обучения. В результате проведённой работы были обобщены фундаментальные и прикладные знания в области катализа и созданы катализаторы, превышающие по активности современные мировые аналоги. Для востребованного в органическом синтезе процесса кросс-сочетания на катализаторе Pd/C впервые в мире зафиксирована рекордная эффективность катализа с количеством оборотов каталитического центра, достигающим одного миллиарда (TON ~ 109). В настоящее время это самый активный гетерогенный катализатор, известный для процесса тонкого органического синтеза. В работе установлен мировой рекорд по каталитической активности и разработана механистическая концепция полностью определенного катализа (Totally Defined Catalysis), которая открывает новые возможности для исследований и разработки высокоэффективных катализаторов. Для исследования процессов динамического превращения каталитических систем впервые разработан универсальный алгоритм для полноразмерной интерпретации данных масс-спектров высокого разрешения и выявлены ключевые Pd-содержащие интермедиаты в процессе кросс-сочетания.

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

Авторы: руководитель работы - академик РАН В.П. Анаников; ответственные исполнители – асп. Д.А. Бойко, студ. К.С. Козлов, к.х.н. А.С. Галушко, к.х.н. Е.О. Пенцак, к.х.н. Ю.В. Бурыкина, инж.-иссл. В.В. Ильюшенкова

Публикация: J. Am. Chem. Soc., 144 (2022) 6071–6079

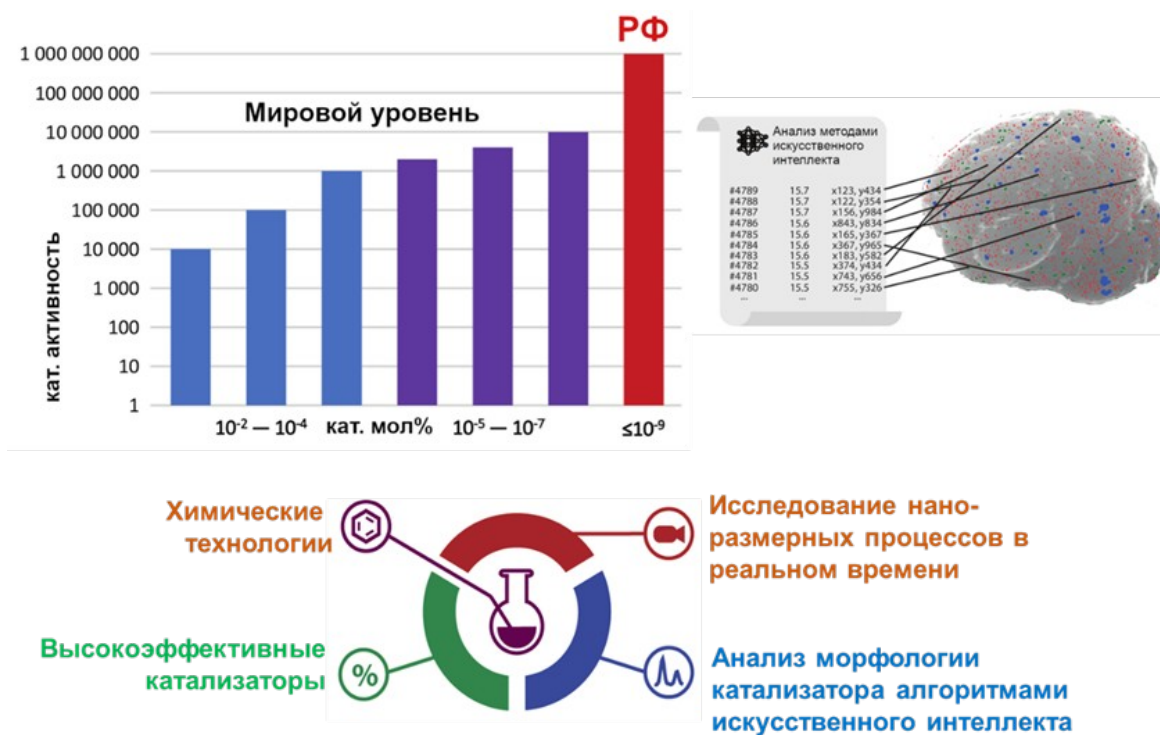


Рис. 86. Анализ данных электронной микроскопии с помощью алгоритмов искусственного интеллекта

## 2. Новые литий-селективные экстрагенты и способ извлечения лития на их основе

Для извлечения лития из водных сред впервые был рассмотрен ряд орто-замещенных фенолов (Рис. 87). С применением методов компьютерной химии была предсказана и путём проведения экстракционных исследований подтверждена их способность к селективному извлечению лития. Разработан способ извлечения лития из водных сред и предложена принципиальная технологическая схема извлечения лития с применением наиболее литий-селективных орто-замещенных фенолов (Рис. 88). Проведенное лабораторное моделирование экстракционного процесса методом полного противотока показало высокую эффективность извлечения лития из рассолов с его содержанием от 10 мг/л, обеспечивая высокую степень и избирательность извлечения лития для широкого диапазона источников литиевого сырья. Используемые в данном способе экстрагенты в сравнении с существующими аналогами имеют лучшие экстракционные характеристики и более низкую стоимость, что позволяет разработать отечественную технологию извлечения лития.

Организация: **ИФХЭ РАН. Лаборатория новых физико-химических проблем.**

Авторы: Академик Цивадзе А.Ю., д.х.н. Баулин В.Е., к.х.н. Костикова Г.В., к.х.н. Демина Л.И., Бездомников А.А., Баулин Д.В.

*Публикации:*

1. Патент 2784157 Российская Федерация, МПК С22В 26/12 (2006.01). Способ селективного экстракционного извлечения лития из водного щелочного раствора, содержащего хлориды лития, натрия, калия и гидроксид натрия / А.А. Бездомников; заявитель и патентообладатель ИФХЭ РАН. - № 2022115330; заявл. 07.06.2022; опубл. 23.11.2022 Бюл. № 33.

2. Tsivadze A.Y., Bezdornnikov A.A., Baulin V.E., Demina L.I., Birin K.P., Baulin D.V., Rogacheva Y.I. A new extraction system based on isopropyl salicylate and trioctylphosphine oxide for separating alkali metals // Molecules. 2022. V. 27. № 10. P. 3051.

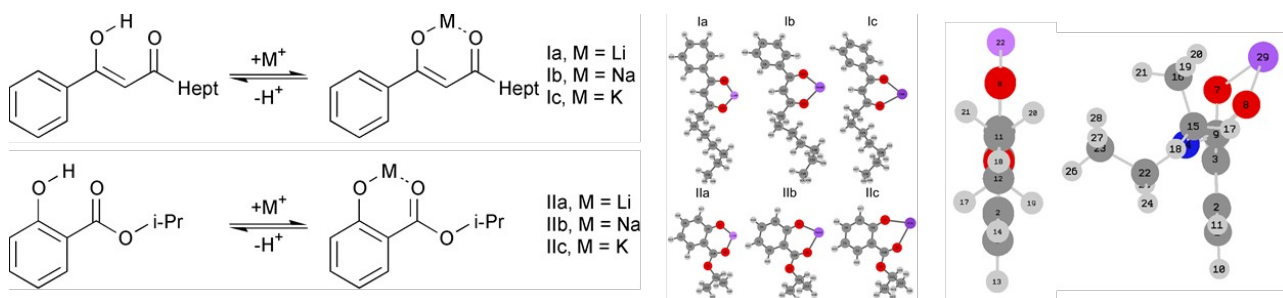


Рис. 87. Структура орто-замещенных фенолов

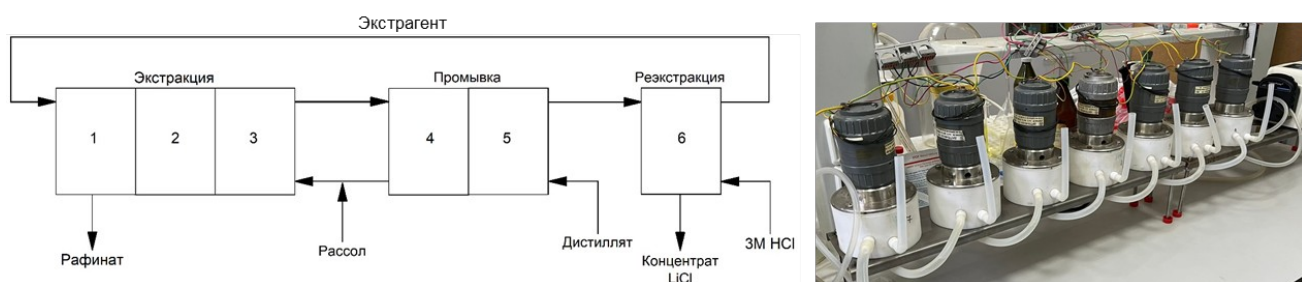


Рис. 88. Принципиальная схема и фотография демонстрационной экстракционной установки

### 3. Функционализация белого фосфора (P4).

Разработан новый подход к функционализации молекулы белого фосфора (P<sub>4</sub>), позволяющий эффективно получать новые полифосфорные соединения в координационной сфере комплексов переходных металлов. Установлен механизм и структура интермедиатов процесса металлокомплексной активации, трансформации и последующей функционализации молекулы P<sub>4</sub> в координационной сфере комплексов кобальта с PNP лигандами (Рис. 89).

Руководитель работы: академик РАН О.Г. Синяшин; ответственные исполнители: д.х.н., профессор РАН Д.Г. Яхваров, исполнители: Айрат М. Кучкаев, Айдар М. Кучкаев, д.х.н. Е.М. Зуева, к.х.н. А.Б. Добрынин, Д.Р. Исламов, к.х.н. Е.В. Горбачук, к.х.н. А.В. Сухов, к.х.н. В.М. Бабаев

Организация: **Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН**

*Публикации:*

Angew. Chem. Int. Ed., (2022) DOI: 10.1002/anie.202210973 Q1;

Molecules, 26 (2021) 538 Q2

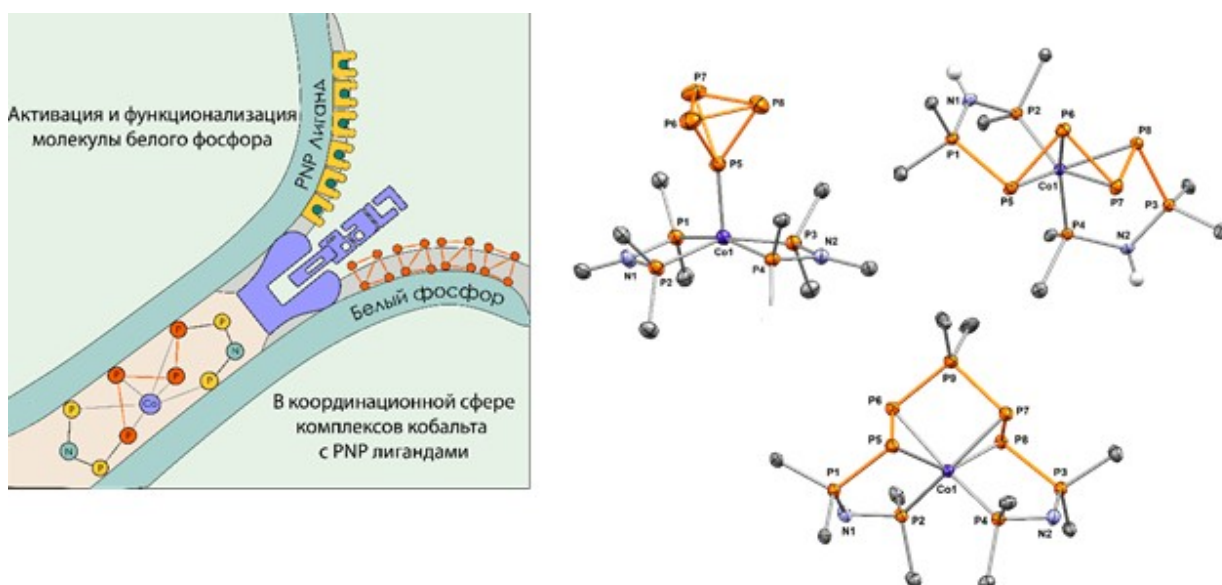


Рис. 89. Активация и функционализация молекулы белого фосфора P4 в координационной сфере комплексов кобальта с PNP лигандами

#### 4. Разработка оборудования и сварочных материалов для механизированной и автоматической подводной мокрой сварки, наплавки и резки высокопрочных низколегированных сталей

В целях монтажа и оперативного ремонта подводных магистральных нефтегазопроводов и оффшорных конструкций на повышенных глубинах погружения разработаны и запатентованы уникальная отечественная технология, оборудование и сварочные материалы для механизированной и автоматической подводной мокрой сварки, наплавки и резки высокопрочных низколегированных сталей, физические и термодинамические модели подводной резки бейнитных, аустенитных сталей, бронзы и алюминиевых сплавов с применением порошковых проволок (Рис. 90). Полученные сварные соединения полностью соответствуют требованиям нормативной документации. На основе полученных результатов ООО «ГазпромНИИГАЗ» разработаны СТО Газпром 2-2.3-1104 и 2-2.3-1155, а созданная технология рекомендована для внедрения в нефтегазовую промышленность для ремонта и монтажа трубопроводов, проходящих через водные преграды, реки, озера и моря с глубинами до 60 м, а при дополнительной оптимизации - до 300 м.

Механические свойства сварного шва при подводной мокрой сварке стали X70 API

Сварочный материал	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость шва, HV
Порошковая проволока ППС-АПЛ2 (ФГАОУ ВО СПбПУ)	433–462	330–356	4–12,6	67–98	162–200
Покрываемые электроды UW/CS-1 (США)	498–545	440–468	6–12	68–89	165–203
Порошковая проволока ППС-АН1 (Украина)	371–458	323–336	2–11,2	62–73	135–212

Организация: ФГАОУ ВО СПбПУ, академик РАН Рудской А.И., Паршин С.Г.

Публикации:

1. Rudksoi, A.I., Karkhin, V.A., Starobinskii, E. B., Parshin, S. G. Modeling of Hydrogen Diffusion in Inhomogeneous Steel Welded Joints. *Materials*. 2022. 15(21). P. 7686.

2. Рудской А.И., Паршин С.Г. Электрохимическое удаление гидроксила и диффузионного водорода в алюмофтористых шлаках сварочных порошковых проволок// Доклады Российской академии наук. Химия, науки о материалах. 2022. Т. 504. С. 62-66.

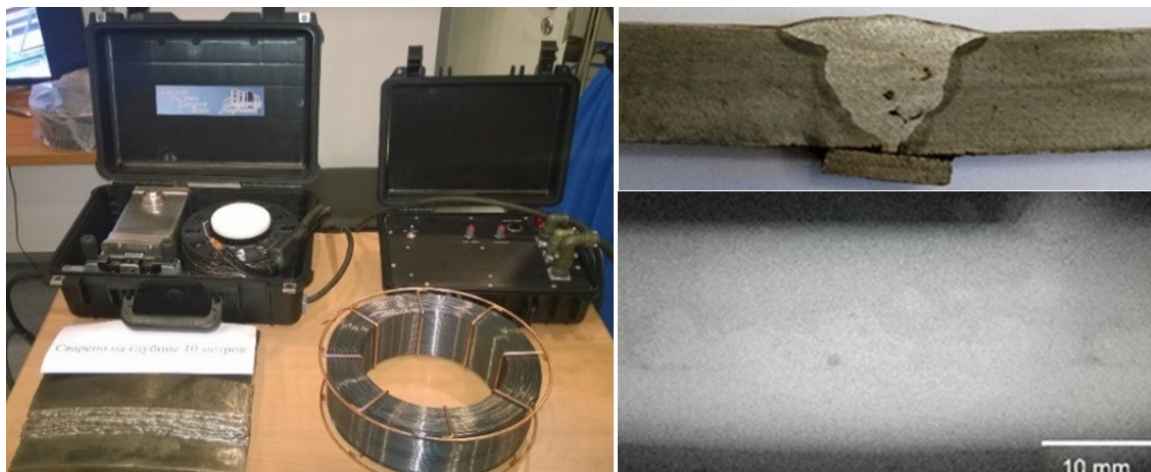


Рис. 90. Портативный сварочный комплекс, порошковые проволоки, опытное сварное соединение, макроструктура и рентгеновский контроль шва толщиной 21,3 мм из бейнитной стали API X70.

##### 5. Новые полупроводники n-типа для высокоэффективных органических солнечных батарей

Синтезирован новый органический нефуллереновый акцептор (полупроводник n-типа) для органических солнечных батарей (ОСБ), который представляет собой донорно-акцепторное производное тиенопирролоиндола с концевыми инданондициновинильными электрон-акцепторными группами. Использование данного материала в качестве одного из компонентов в активном слое ОСБ позволяет достичь КПД до 18%, находится на мировом уровне для органической фотовольтаики, а также увеличивает срок службы таких устройств. Данный результат является крайне важным для дальнейшей разработки и коммерциализации материалов для эффективных солнечных батарей. Работа была отмечена редакционной коллегией *Journal of Materials Chemistry A*, которая выпустила журнал с лицевой обложкой, посвящённой данной работе (Рис. 91).

Организация: **Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН.**

Авторы: Руководитель работы – д.х.н. С. А. Пономаренко, исп. – И. В. Дядищев, к.х.н. Ю. Н. Лупоносов

*Публикации:*

*J. Mater. Chem. A*, 2022,10, 17122-17131

<https://doi.org/10.1039/D2TA04463C>



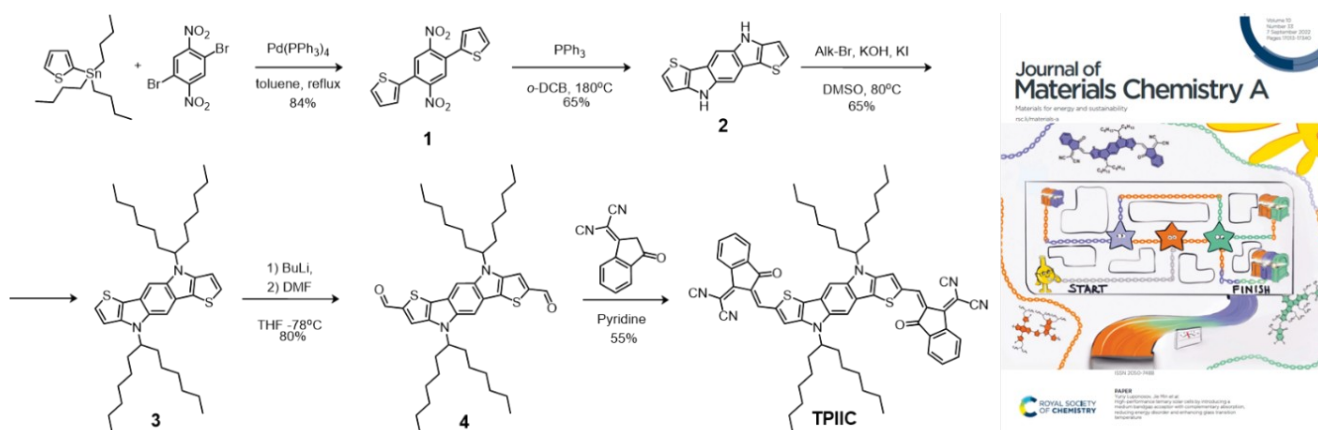


Рис. 91. Создание новых полупроводники n-типа для высокоэффективных органических солнечных батарей

### 6. Разработка баллистических модулей на основе трижды периодических поверхностей минимальной энергии и изделий сложной формы методами аддитивной технологии на основе композита «Идеал»

Методом аддитивных технологий разработаны металлические модули нового поколения со структурой на основе трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ) для тепловых и механических нагрузений (Рис. 92). Использование ТППМЭ геометрии позволило сочетать три эффекта: 1) создание разнесенных конструкций в виде нескольких слоев материала, расположенных с зазором, что позволяет эффективно осуществлять защиту конструкции; 2) формирование криволинейного рельефа на поверхности бронепреграды, что способствует поглощению большей доли энергии; 3) позволяет наиболее эффективно распределять энергию нагружения. За счет распределения нагрузки такие материалы обладают высокими энергопоглощающими свойствами, что подтверждается моделированием и экспериментальными результатами.

С использованием аддитивных технологий предложена методика получения керамических образцов и материалов сложной формы из нового композита алмаз-карбид кремния («Идеал»). Установлена возможность получать изделия различной формы: опорные подшипники, сопла, теплозащитные экраны, защитные материалы, роторы турбин, бронезащитные элементы и др. (Рис. 93).

Организации: НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН

Авторы: академик РАН Шевченко В.Я., д.т.н. Сычев М.М., д.т.н. Перевислов С.Н., д.т.н. Каштанов А.Д.

Публикации:

1. Shevchenko V.Y., Makogon A.I., Sychov M.M., Nosonovsky M., Skorb E.V. Reaction–diffusion pathways for a programmable nanoscale texture of the diamond–SiC Composite // *Langmuir*. 2022. 38. 49. 15220-15225.
2. Shevchenko V.Y., Perevislov S.N. Microstructure and properties of composite materials diamond–silicon carbide // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2022. V. 62. № 5. P. 548-553.

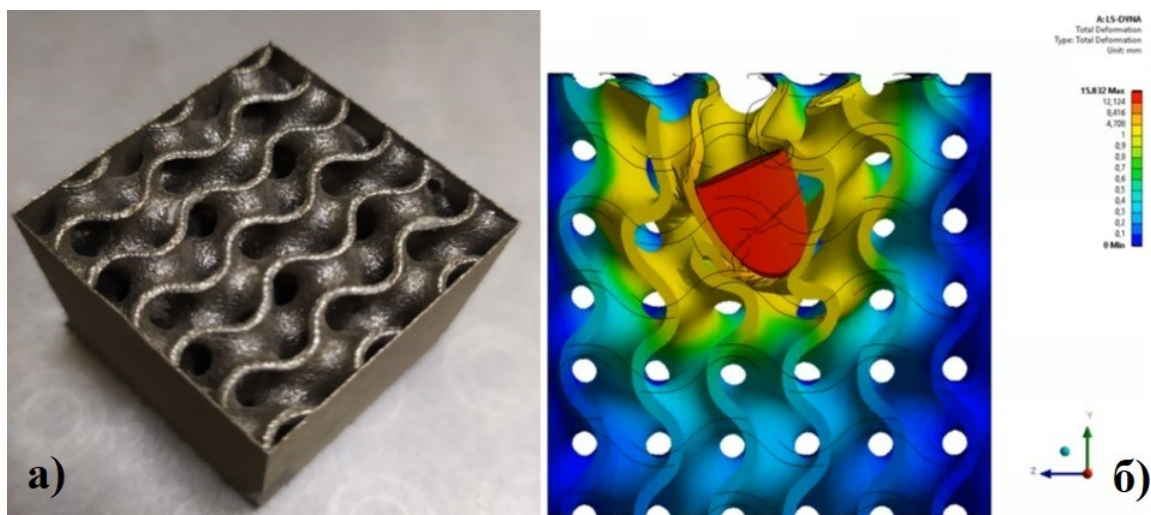


Рис. 92. а) образец модуля, полученный аддитивными технологиями, б) моделирование распределения динамической нагрузки модуля

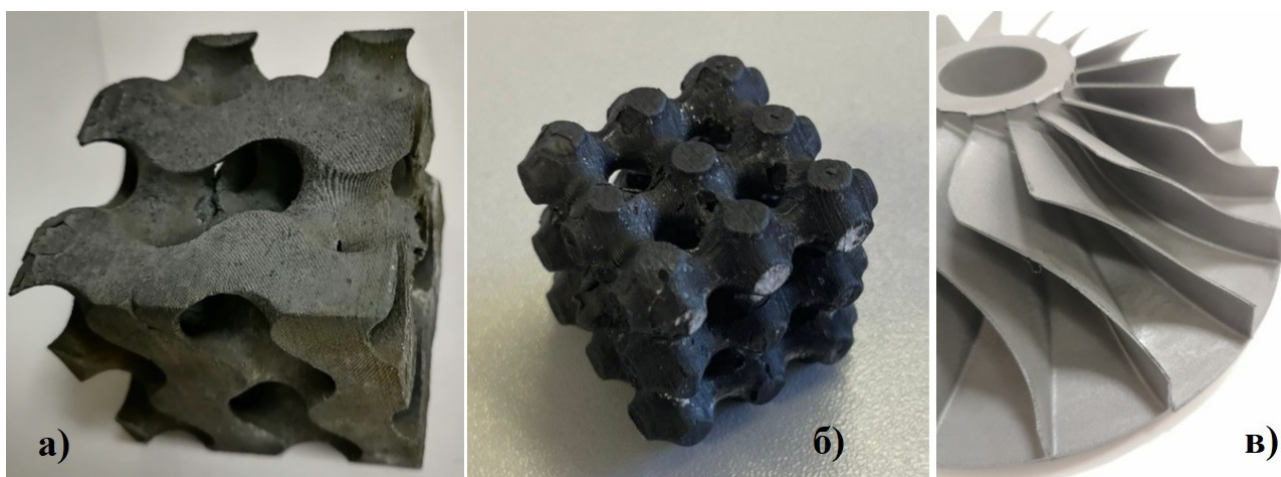


Рис. 93. Изделия сложной формы из материала «Идеал»: а) часть элемента защиты с геометрией «Гироид»; б) часть элемента защиты с геометрией «примитив Шварца»; в) часть ротора турбины

#### 7. Разработка порошковой технологии алюминиевых бронз, обладающих улучшенными механическими свойствами

Разработан новый вариант порошковой технологии получения алюминиевых бронз, обладающих улучшенными механическими свойствами (Рис. 94). Сначала проводится кратковременная обработка исходных порошков в высокоэнергетической планетарной шаровой мельнице, в результате которой образуется твердый раствор алюминия в меди с размером кристаллитов 35-40 нм и уровнем микронапряжений ~1%, а затем проводится кратковременное электроискровое спекание (5 мин, 800 °С). Получаемые по разработанной технологии монофазные алюминиевые бронзы с размером зерна  $\approx 100$  нм легко поддаются обработке давлением при высоких и низких температурах и перспективны для изготовления деталей, работающих при высоких нагрузках и больших скоростях (червячные колеса и шестерни), а также различных фасонных изделий высокого давления.

Механические свойства полученной монофазной алюминиевой бронзы:

Температура спекания, °С	Предел текучести $\sigma_{0.2}$ при сжатии, МПа	Прочность на сжатие, МПа	Деформация разрушения, %	Твердость, $HV_1$
700	430 ± 20	435 ± 25	1.0 ± 0.1	280 ± 20
800	760 ± 5	960 ± 10	4.6 ± 0.4	280 ± 20

Организации: **ИХТТМ СО РАН и ИГиЛ СО РАН**

Авторы: Академик РАН Ляхов Н.З., Григорьева Т.Ф., Дудина Д.В.

*Публикация:*

D.V. Dudina, T.F. Grigoreva, V.I. Kvashnin, E.T. Devyatkina, S.V. Vosmerikov, A.V. Ukhina, A.N. Novoselov, M.A. Legan, M.A. Esikov, Y.L. Lukyanov, A.G. Anisimov, S.A. Kovaleva, N.Z. Lyakhov. Microstructure and properties of Cu-10 wt% Al bronze obtained by high-energy mechanical milling and spark plasma sintering // Materials Letters. 2022. V. 312. Art. 131671.

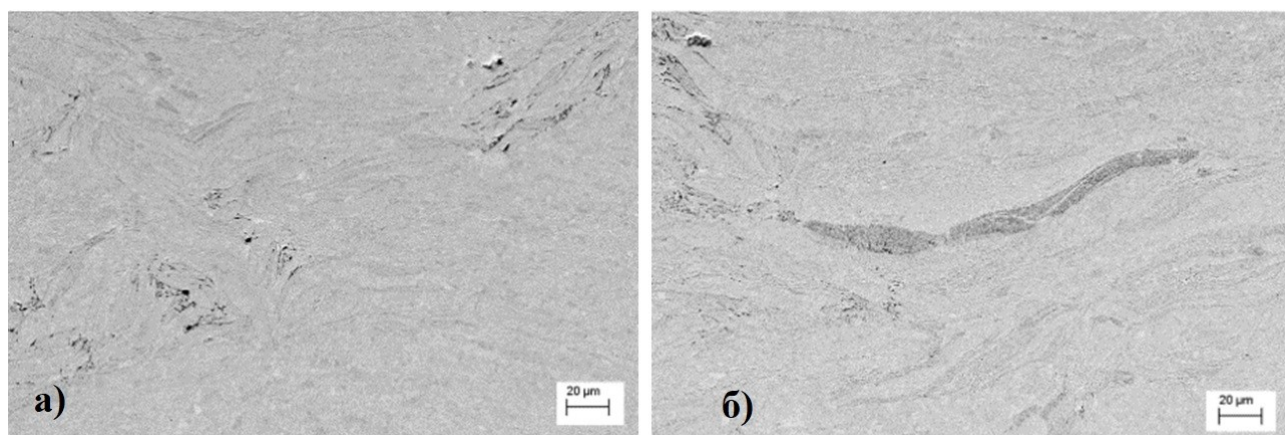


Рис. 94. Микроструктура бронзы, спеченной при: а) 700 °С, б) 800 °С

#### **8. Высокоэффективная орто-пара конверсия водорода, катализируемая металл-органическими координационными полимерами, и метод индуцированной параводородом поляризации ядер для изучения активных центров гетерогенных катализаторов**

Разработаны высокоэффективные катализаторы – металл-органические координационные полимеры (МОКП) – для высокоэффективной орто-пара конверсии водорода, открывающие новые горизонты в энергоэффективном хранении и практическом использовании водорода. Было обнаружено, что удельная константа скорости протекания орто-пара конверсии на поверхности Ni-MOF-74 в 145 раз выше, чем у промышленно используемых катализаторов. Применение жидкого водорода в качестве топлива является перспективной альтернативой ископаемому топливу. Молекулярный водород может существовать в виде двух ядерных спиновых изомеров - ортоводорода и параводорода; однако безопасное хранение и транспортировка могут быть реализованы лишь для параводорода. В связи с этим, разработка способов высокоэффективной конверсии ортоводорода в параводород для получения чистого параводорода является одним из ключевых этапов перехода к водородной энергетике (Рис. 95).

Показано, что структурная чувствительность реакции метанирования  $CO_2$  на кобальтовых наночастицах, нанесенных на смешанный оксид циркония и церия, может быть преодолена за счет разработки каталитических центров на границе раздела Co-CoO-CeO<sub>2</sub>. Детально исследована природа активных центров и их состав; показано, что активная фаза состоит из нанесенных на носитель наночастиц дефектного оксида кобальта, стабилизирующих кластеры кобальта. Современные спектроскопические методы характеристики, а также кинетические исследования наряду с экспериментами по индуцированной

параводородом поляризации ядер указывают на то, что активные центры на разделе металл-оксид обладают необычными свойствами. Малоатомные кластеры кобальта, диспергированные на частицах оксида кобальта(II) размером 3 нм, представляют собой высокоактивный катализатор метанирования CO<sub>2</sub> с удельной активностью выше, чем у более крупных частиц в тех же условиях.

Организации: **МТЦ СО РАН, НИОХ СО РАН** и Технический университет Эйнховена (Нидерланды)

Авторы – профессор РАН Федин М.В., член-корр. Коптюг И.В., Полюхов Д.М., Кудрявых Н.А., Кирютин А.С., Порываев А.С., Громилов С.А., Ковтунов К.В., Буруева Д.Б., Покочueva Е.В., А. Парастаев, В. Муравьев, Э. Хуэртас Оста, Т.Ф. Кимпел, Д.Ф.М. Симонс, А.Д.Ф. ван Хоф, Е. Усламин, Л. Чжан, Д.Д.С. Струйс, И.Д. Вильяр-Гарсия, К. Эскудеро, Т. Альтантис, П. Лю, А. Беш, С. Балс, Н. Косинов, Э.Д.М. Хенсен

*Публикации:*

Daniil M. Polyukhov, Nikita A. Kudriavykh, Sergey A. Gromilov, Alexey S. Kiryutin, Artem S. Poryvaev, and Matvey V. Fedin. Efficient MOF-Catalyzed Ortho-Para Hydrogen Conversion for Practical Liquefaction and Energy Storage. ACS Energy Lett. 2022, 7, 4336–4341. <https://doi.org/10.1021/acsendergylett.2c02149> (**Impact Factor 23.991**)

Parastaev, A.; Muravev, V.; Huertas Osta, E.; Kimpel, T.F.; Simons, J.F.M.; van Hoof, A.J.F.; Uslamin, E.; Zhang, L.; Struijs, J.J.C.; **Burueva, D.B.; Pokochueva, E.V.; Kovtunov, K.V.; Koptuyug, I.V.**; Villar-Garcia, I.J.; Escudero, C.; Altantzis, T.; Liu, P.; Béché, A.; Bals, S.; Kosinov, N.; Hensen, E.J.M. Breaking structure sensitivity in CO<sub>2</sub> hydrogenation by tuning metal-oxide interfaces in supported cobalt nanoparticles. Nature Catalysis. 2022, 5, 1051–1060. <https://doi.org/10.1038/s41929-022-00874-4> (**Impact Factor 2022 40.706**)

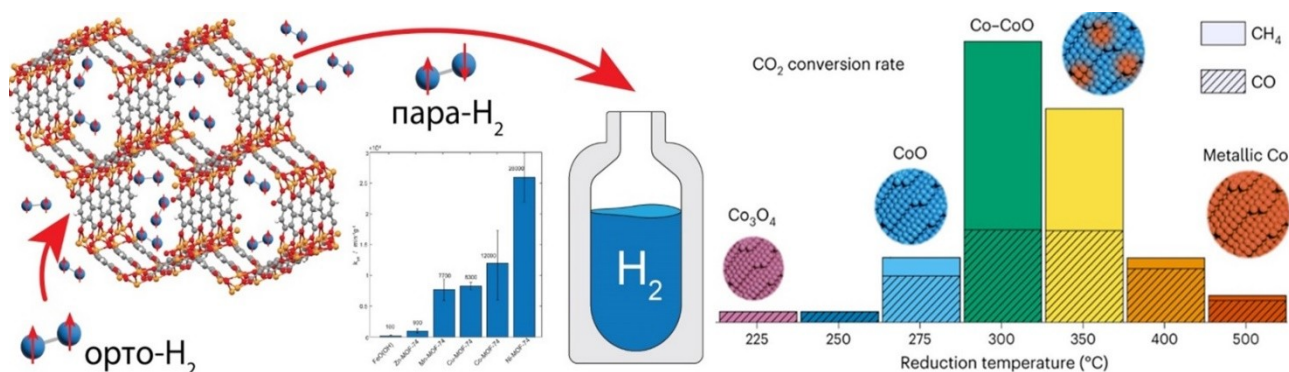


Рис. 95. Высокоэффективная орто-пара конверсия водорода, катализируемая металл-органическими координационными полимерами

# Биологические науки

## Сведения о состоянии биологических наук в 2022 г.

Биология представляет собой комплекс наук о жизни. Предметом изучения биологии являются все аспекты жизни, начиная от структуры биомолекул и процессов, проходящих в клетке, до функционирования живых существ, происхождения их видов, взаимодействия между собой и с окружающей средой.

У биологических объектов можно выделить ряд уровней организации, каждый из которых является предметом изучения различных биологических дисциплин. Так, молекулярный уровень описывает взаимодействия молекул, составляющих клетки и обуславливающих все её процессы, клеточный рассматривает клетки как элементарные единицы строения живого, тканевой и органной – совокупности клеток, образующих ткани, и отдельных органов, обладающих собственным строением и местоположением в организме. Организменный уровень описывает отдельные организмы, популяционно-видовой – популяции, составленные совокупностью особей одного вида, 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.

Биологические дисциплины принято подразделять на две большие области – **общая биология** и **физико-химическая биология**, изучающие биосистемы разного уровня. Если общая биология изучает процессы на уровне организмов, популяций, видов, сообществ и экосистем, и их взаимодействий с окружающей средой, то физико-химическая биология изучает молекулярные основы живого – состав и строение клеток и лежащие в основе их жизнедеятельности процессы. Таким образом, основными объектами первой области являются организмы и экологические системы, а второй – происходящие внутри клеток молекулярные 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 занимается все более сложными объектами.

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 чистой воды и пищевых веществ, загрязнение окружающей среды, инвазии чужеродных видов, деградация земель, недостаток, и, как следствие, чрезмерная эксплуатация возобновляемых природных сырьевых и энергетических ресурсов и многие другие, не могут быть решены традиционными методами. Во многом все эти проблемы порождены 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.

Фундаментальные и прикладные исследования в области наук о жизни находятся под пристальным

вниманием руководства Российской Федерации. Продолжается создание новых инновационных научно-технологических центров. Так, в Калининграде создается новый инновационный научно-технологический центр "Балтийская долина – Хьюмантек", ставящий задачей разработку биомедицинских клеточных продуктов, технологий высокопродуктивного агро- и аквахозяйства и функционального питания и др.

Важнейшей вехой в развитии биотехнологий в РФ является принятие Государственной думой 29.12.2022 Федерального закона от N 643-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности». По существу, это новый закон, снимающий значительные ограничения развития этого направления, существовавшие в старой редакции. Прежде всего, закон разграничивает генно-модифицированные и генно-редактированные организмы – в первом случае речь идет об изменении генома за счет вставок нехарактерной для вида ДНК, во втором – об изменении генома без таких вставок. Кроме того, признана утратившей силу часть, приравнивающая работы, проводимые с генно-инженерными микроорганизмами в масштабе, превышающем лабораторные исследования, к задачам высокого риска. Нет сомнений, что новый закон будет способствовать дальнейшему прогрессу науки и технологий.

В 2022 г научные исследования в полной мере проходили в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на 2021-2030 гг. Работа в рамках Программы позволила сконцентрироваться на наиболее важных научных направлениях, дала возможность вносить необходимые корректировки и изменения в планы исследований.

В то же время приходится признать, что в 2022 г. произошли события, которые потенциально могут отрицательно сказаться на развитии биологии, да и науки в целом. В связи с проведением СВО нам приходится сталкиваться с единым фронтом стран коллективного Запада, осуществляющим меры, направленные по существу на разрушение российской науки. Здесь и ограничение доступа российских ученых к источникам информации, и остановка многочисленных программ сотрудничества и научно-исследовательских проектов, и дискриминационные меры в отношении публикаций российских ученых в ряде зарубежных журналов. Особую тревогу вызывает резкое сужение возможности закупок зарубежного оборудования и реактивов. Поставки из таких стран, как Китай и Индия, не всегда в состоянии покрыть наши потребности, а закупки по параллельному импорту, даже если он будет налажен, приведут к их существенному удорожанию. Сложившаяся ситуация, которая, по-видимому, вряд ли будет разрешена в обозримые сроки, очевидно, требует существенной перестройки материальной базы науки, опережающего развития предприятий приборостроительной и химической промышленности, существенного улучшения работы поставщиков биологического материала – коллекций микроорганизмов, вивариев, питомников, ботанических садов и др.

Как указано выше, биологические дисциплины принято подразделять на две большие области – **общая биология** и **физико-химическая биология**. Анализ научных достижений российских ученых в сопоставлении с мировым уровнем позволил выделить основные направления развития для каждой из двух основных областей биологической науки. По каждой из указанных областей биологических наук в 2022 г. велись фундаментальные научные исследования по нескольким основным тематикам.

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, изучение почвенного покрова как компонента биосферы**.

Современная **биология развития и эволюция живых систем** тесно интегрирована с общей и

молекулярной генетикой, геномикой и эволюционной биологией. В 2022 г. успешно развивались исследования морфогенеза раннего развития, механизмов становления лево-правой асимметрии тела, макро- и микроэволюции живых организмов.

Установлено разнообразие клеточных механизмов инвагинационной гастрюляции: сравнение двух групп базальных Metazoa. Эпителиальная инвагинация – морфогенез, считающийся консервативным у Metazoa. Инвагинационная гастрюла рассматривается как базовая для разных таксонов, от кишечнополостных до хордовых. Мы показали, что в гастрюляции кишечнополостных, принадлежащих к разным классам – сцифоидная медуза *Aurelia aurita* и актиния *Nematostella vectensis*, – инвагинация, сходная на уровне макроморфологии, различается на клеточном уровне. Количество клеток, участвующих в инвагинации, динамика формы клеток архентерона, стадия эпителиально-мезенхимального перехода (ЕМТ), которую могут достичь эти клетки, различаются у изученных видов. Мы показали, что инвагинация кишечнополостных – многокомпонентный процесс, включающий изгибание эпителия, инволюцию губы бластопора, а также миграцию клеток, подвергающихся ЕМТ. Важно, что относительная роль этих компонентов в инвагинации разных видов различается. Это позволяет говорить об отсутствии консервативности инвагинации на клеточном уровне. Данные по разнообразию вклада клеточных механизмов в инвагинацию – основа для изучения эволюции молекулярных механизмов гастрюляционных морфогенезов.

В исследованиях на эмбрионах позвоночных – птиц и амфибий – решался один из фундаментальных вопросов Evo-Devo – существуют ли универсальные для всех животных молекулярные механизмы становления лево-правой асимметрии тела. У позвоночных становление асимметрии тела связано с асимметричной экспрессией транскрипционного фактора *pitx2*, которая опосредуется асимметричной экспрессией морфогена *Nodal* в мезодерме левой стороны тела. При исследовании роли каскада hedgehog (*hh*) в инициации асимметричной экспрессии *Nodal* с применением фармакологического метода оказалось, что для эмбрионов птиц активация *hh* – каскада – необходимое и достаточное условие для индукции экспрессии *Nodal*, но только в компетентных областях эмбриона. Эти области локализуются зеркально в параксиальной мезодерме и мезодерме латеральной пластинки с обеих сторон тела. У птиц компетентность ткани играет ключевую роль в индукции экспрессии *nodal*. Показано, что *hh*-каскад участвует в регуляции асимметричной экспрессии *nodal* у шпорцевой лягушки, однако у неё активация *hh*-каскада приводит к подавлению экспрессии *nodal*. Таким образом, полученные данные указывают на отсутствие консервативности в архитектуре сигнального контура *hh-nodal*, и на её дивергенцию в ходе эволюции позвоночных. Не менее важная молекула, определяющая лево-правую асимметрию (хиральность цитоскелета) на клеточном уровне – формин. Предполагалось, что его активность у всех животных критична для становления лево-правой асимметрии на самых ранних стадиях развития, во время дробления. Проверка этой гипотезы с использованием ингибитор формина SMIFH2 показала, что у эмбрионов амфибий достоверное увеличение нарушений лево-правой асимметрии и строения лево-правого организатора наблюдалось только при воздействии SMIFH2 на стадиях гастрюлы-нейрулы. Это стадии, непосредственно связанные с активностью лево-правого организатора. Воздействие ингибитора во время дробления не приводило ни к нарушениям становления лево-правой асимметрии тела, ни к нарушениям строения лево-правого организатора. Таким образом, полученные результаты убедительно показывают, что модели становления лево-правой асимметрии не могут быть универсальными для всех животных.

На основе комплекса палеобиохимических, сравнительно-морфологических и тафономических исследований существенно уточнены природа, план строения, особенности движения и питания древнейших подвижных животных, относящихся к роду *Dickinsonia*. Реконструированы основные черты анатомии

дикинсоний, в том числе: выдержанная форма тела с отсутствием боковых придатков и временных выростов, передне-задняя полярность, дорсо-вентральная дифференциация, ресничный слизевыделяющий эпителий, базальная пластина, два ряда слепых пищеварительных карманов вместо сквозной кишки, нервная система диффузного типа, напоминающий аксохорд – осевой опорный тяж. Такое сочетание признаков указывает на близость дикинсоний (единственных из всех известных вендских Metazoa) к Urbilateria, теоретически предсказанному биологами ближайшему общему предку билатерально-симметричных животных. Аналогично гипотетической урбилатерии, у дикинсоний имелась способность к регенерации, онтогенетическое развитие было прямым без настоящей личиночной стадии, а движение тела осуществлялось за счет мукоцилиарного скольжения. Появление дикинсоний в ископаемой летописи произошло в позднем венде, около 557 млн. лет назад, намного позже рассчитанного по «молекулярным часам» времени расхождения Cnidaria и Bilateria. Возможно, что дикинсонии представляли крайне консервативную группу животных, на несколько десятков миллионов лет сохранившую в своем плане строения ряд базовых черт общего предка билатерий.

Прояснена эволюция четырех симпатрических форм уникального комплекса севанской форели *Salmo ischchan* из оз. Севан, две из которых вымерли около 40 лет назад. Севанские форели – очень молодая группа, возникшая примерно 15–20 тыс. лет назад в высокогорном изолированном оз. Севан. Для работ использовали так называемую историческую ДНК, выделенную из чешуй, сохранившихся в архивных чешуйных книжках возрастом приблизительно 50 лет. Анализ ядерных геномов показал монофилию севанского комплекса форм и его подразделенность на два генетических кластера в зависимости от типа нереста (речной или озерный). Обнаружен ряд локусов под отбором, свидетельствующих о наличии подбора брачного партнера скрещивания на основе зрительной сигнальной системы (формы форелей имели разную окраску). Это является важной предпосылкой к механизму репродуктивной изоляции, позволяющему ускорять темпы эволюции.

**Экология организмов и сообществ** представляет собой важнейшее направление исследований, обозначенное как одно из приоритетных в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. В последние годы в мире наметилась тенденция к глобализации экологических исследований, в основе которых лежит необходимость предотвращения экологических угроз, сохранения важнейших функций экосистем при возрастании антропогенного воздействия. В результате в последние годы наблюдается прогресс в исследованиях по актуальной проблеме круговорота углерода в условиях изменения климата и роли в нем биосистем, а также в области исторической синэкологии.

На основе данных многолетних наблюдений за экосистемными потоками CO<sub>2</sub> методом турбулентных пульсаций в двух типах южно-таёжных ельников – неморальном (ЕН), на хорошо дренируемых минеральных почвах и в заболоченном (ЕЗ) сфагново-черничном ельнике на торфяных почвах – показано, что небольшая положительная аномалия температуры воздуха при небольшой отрицательной аномалии осадков в вегетационный период приводит к увеличению поглощения CO<sub>2</sub> у ЕН и не приводит к существенному изменению баланса ЕЗ. Анализ межгодовой динамики составляющих баланса CO<sub>2</sub> экосистем показал, что при аномально тёплых и сухих условиях летних месяцев происходит увеличение валовой первичной продукции (GPP) обоих ельников, однако, эмиссия CO<sub>2</sub>, связанная с экосистемным дыханием (TER), по-разному реагирует на изменение условий внешней среды в зависимости от типа ельника. Разнонаправленная реакция TER ельников на изменение условий внешней среды определяется, в первую очередь, различиями условий почвенного увлажнения экосистем. Таким образом, прогнозные оценки потоков CO<sub>2</sub> между лесами и атмосферой на региональном уровне необходимо выполнять с учетом



специфики почвенных условий в лесных экосистемах.

Расшифрован биохимический механизм, обуславливающий самую высокую среди евроазиатских видов рода устойчивость к холоду остромордой лягушки *Rana arvalis* (до -16°C). С помощью метаболомного и традиционных анализов показано, что при замораживании из-за прекращения транспорта кислорода клетки переходят на бескислородный обмен с накоплением лактата, аланина, 2,3-бутандиола и этанола, который впервые обнаружен у наземных позвоночных как конечный продукт гликолиза. В качестве криопротектора нарабатывается не только глюкоза, но и глицерин, ранее известный лишь у амфибий других семейств (углозубы, квакши). Источником криопротекторов служит гликоген в печени и мышцах, в 2-4 раза превышающий таковой у большинства видов лягушек; липиды не имеют в обмене большого значения. Таким образом, модели предзимнего баланса энергетических ресурсов и метаболомные профили различаются в пределах рода *Rana* принципиально – не менее чем между семействами амфибий.

В области исследований **биологического разнообразия и биоресурсов** получены новые результаты в плане описания новых видов и групп и обобщения данных (создания сводок) по крупным таксонам; по состоянию и качеству ряда биоресурсных видов изданы Красные книги, являющиеся важными документами для охраны редких и исчезающих видов.

Открыта новая группа микрохищников, названная Провора (*Provora*, или «протисты-пожиратели»). Группа включает микробных хищников, которые широко распространены в морских, солоноватых и пресных водах. Морфологический анализ с использованием электронной микроскопии выявил очень древний план строения их клеток. Эти одноклеточные организмы питаются, частично откусывая клетки жертвы, демонстрируя, что жгутиконосцы пикоразмеров могут питаться более крупными одноклеточными. Это следует учитывать при моделировании микробных пищевых сетей, потоков вещества и энергии в водных экосистемах. У них активно экспрессируются гены, кодирующие порообразующие цитолитические белки, которые функционируют в иммунных системах животных. У этих протистов они, по-видимому, играют важную роль в хищничестве и вовлечены в механизмы прикрепления к жертве, выстреливания стрекательных органелл и лизиса мембран. Жгутиконосцы *Provora* находятся на втором месте среди всех эукариот по количеству белок-кодирующих генов в митохондриальном геноме.

Опубликованы: Красная книга Российской Федерации (том Животные) и Красная книга города Москвы. В Красной книге РФ приведены сведения о 443 видах животных (вместе с подвидами и популяциями 491 объект), включающие их систематическое положение, природоохранные статусы, современное распространение, места обитания и особенности экологии, численность, лимитирующие факторы, принятые и необходимые меры охраны. Председатель Главной редакционной коллегии Красной книги РФ академик РАН Д.С. Павлов, ответственный секретарь академик РАН В.В. Рожнов. Красные книги являются не только важным правовым документом, устанавливающим природоохранный статус конкретных видов животных и растений РФ, но и инструментом для решения проблем сохранения биологического разнообразия всей планеты.

Впервые после более чем полувекового перерыва на принципиально новом уровне рассмотрена важнейшая для флоры России группа лишайников из семейства *Parmeliaceae*, имеющая наиболее широкое распространение в стране и в мире. В результате монографического изучения, проведенного на материале, собранном во время многочисленных экспедиционных исследований, а также анализа коллекций ряда крупнейших гербариев мира для лишенофлоры России, выявлено 22 рода, включающих 84 вида и 4 подвида. Изучено анатомическое строение и морфология талломов и репродуктивных структур таксонов, выявлен состав содержащихся в них лишайниковых веществ, особенности распространения и экологии; для всех видов

и подвидов составлены ключи для определения и карты распространения. Опубликован очередной том многотомного издания «Флора лишайников России». Данные исследования направлены на решение фундаментальной проблемы, связанной с изучением флоры Российской Федерации и инвентаризацией ее таксономического разнообразия. Полученные на основе современных методов исследования морфологические, анатомические и химические особенности таксонов могут быть использованы не только при изучении и инвентаризации лишенофлоры России, но и других европейских и азиатских стран.

Проведена ревизия таксономического состава пресноводных пиявок семейства Glossiphoniidae (плоские пиявки) в пределах арктической зоны Евразии. Показано, что фауна этого региона насчитывает 14 видов из пяти родов. Среди них пять видов и один род открыты и описаны как новые для науки. Наиболее интересной находкой является гипербореомизон полярный (*Hyperboreomyzon polaris*) – новый реликтовый род и вид пиявок, описанный по сборам с о. Колгуев и плато Путорана. Большинство видов плоских пиявок, обнаруженных в Арктике, характеризуются широкими ареалами, пересекающими несколько климатических зон. Однако, распространение двух новых видов (*Glossiphonia arctica* и *H. polaris*) более узкое и приурочено к высокоширотным районам, поэтому они рекомендуются к занесению в Красную книгу РФ. Самая богатая региональная фауна пиявок семейства Glossiphoniidae выявлена на Таймыре и плато Путорана (9 видов), в то время как арктическая Европа, Исландия, Колымское нагорье и Чукотка отличаются обедненными фаунами этой группы (2-4 вида). Наиболее северная в мире находка плоских пиявок была сделана на полуострове Таймыр (72° с.ш.). Впервые показано, что для популяций пиявок в Арктике характерна высокая доля меланистов (особей с темной окраской), что может быть связано с повышенным уровнем УФ радиации в высоких широтах.

Сравнительное изучение липидного обмена у представителей массовых и распространенных семейств рыб Северо-Восточной Атлантики выявило различия состава запасных и структурных липидов, их соотношений, а также вариации жирных кислот в скелетных мышцах, характеризующие таксономические отличия и особенности биохимических механизмов адаптации на уровне липидного обмена к глубоководным условиям обитания. Полученные результаты имеют фундаментальное значение для понимания особенностей механизмов становления и реализации компенсаторных биохимических реакций у глубоководных организмов, их роли в поддержании круговорота вещества и энергии между поверхностными и глубоководными слоями водной толщи Мирового океана. Результаты о взаимосвязях глубоководных видов и их экологической роли в функционировании пелагиали и мезопелагиали могут быть использованы при решении вопросов рационального природопользования и мониторинга состояния морских экосистем в условиях активного промысла и при разработке долгосрочных прогнозов.

Впервые получены данные по количественному обилию макро- и мейобентоса (доминирующей группы нематод), выделены основные факторы среды, влияющие на количественное распределение донной фауны на дне Курильской впадины (Охотское море) (глубина 3300–3366 м) и в районе Курило-Камчатского желоба (глубина 3432–9539 м). Показано, что фауна на дне Курильской впадины адаптирована к низким концентрациям кислорода и характеризуется высоким обилием нематод, мелкоразмерных видов полихет и двустворчатых моллюсков, которые наиболее устойчивы к низким концентрациям кислорода. В хакальной зоне желоба (глубины более 6000 м) с увеличением глубины таксономическое богатство макробентоса снижается, а обилие – увеличивается. На дне желоба (глубины более 9500 м) обилие макрофауны было максимальным (в 7 раз выше, чем ранее было зарегистрировано) за счет высокой плотности поселений всего нескольких видов двустворчатых моллюсков и полихет, адаптированных к высокому гидростатическому давлению. В составе макробентоса донных сообществ Курильской впадины и Курило-Камчатского желоба

отмечена высокая доля животных, содержащих эндосимбиотические хемосинтезирующие бактерии, что свидетельствует о значительном вкладе органического углерода, полученного в результате хемосинтеза, в функционирование этих глубоководных экосистем.

В области **почвоведения** показано, что в почвах сосновых и еловых лесов подзоны средней тайги в течение 120–200 лет после пожара сохраняются пирогенные морфологические признаки. Пирогенные горизонты торфяных олиготрофных почв характеризуются снижением микробной биомассы и интенсивности минерализационных процессов по сравнению с вмещающей их торфяной толщей. На основе содержания макроскопических частиц угля и радиоуглеродного датирования в торфяных олиготрофных почвах реконструирована история пожаров в голоцене. Установлена значимая корреляция содержания частиц угля с ароматическими фрагментами органического вещества и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Выявлено, что значения отношения ФЛА (флуорантен)/ФЛА+ПИР (пирен) более 0,5 может свидетельствовать о пирогенном происхождении ПАУ.

Ряд важных фундаментальных и прикладных результатов получены в области **общей генетики**.

Депрессивные расстройства различной природы имеют устойчивую тенденцию к нарастанию как в России, так и во всём мире. Российскими учеными ИОГен РАН разработан уникальный алгоритм анализа микробиома кишечника, который позволяет вычислить виды бактерий и гены, их содержащие, определяющие ментальное состояние человека. При метагеномном анализе кишечной микробиоты ученые установили, что депрессивное состояние исследованной когорты пациентов коррелирует с изменениями сигнатуры (бактерии/гены) бактерий видов *Faecalibacterium prausnitzii* и *Coprococcus comes* и генов, участвующих в синтезе аргинина, аспарагиновой кислоты, глутамата, глицина, спермидина, гамма-аминомасляной кислоты. Совместно с учеными ФГБУ «НМИЦПН им. В. П. Сербского» и ГБУЗ Клиническая психиатрическая больница № 1 им. Н.А. Алексеева ДЗМ осуществляется заключительный этап исследований по разработке препаратов психобиотиков для коррекции микробиома, позволяющих снять депрессивные состояния у пациентов.

Разработан прототип ДНК-чипа для определения происхождения, чистопородности, оценки хозяйственно-значимых признаков крупного рогатого скота, в том числе молочной и мясной продуктивности и моногенных заболеваний крупного рогатого скота с использованием более 1000 молекулярных маркеров. Предлагаемая технология значительно повышает эффективность племенной оценки животных. ДНК-чип является отечественной инновационной разработкой и имеет высокий потенциал для использования в геномной селекции и для сохранения генофондов отечественных пород сельскохозяйственных животных.

В области **физико-химической биологии**, в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований, основными направлениями являются **функциональная микробиология, экспериментальная биология растений, 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**.

**Функциональная микробиология** продолжает оставаться одним из важнейших направлений, как в аспекте описания микроорганизмов и проходящих в них процессов, так и как основа создания новых биотехнологических процессов. В 2022 г. работы шли по обоим этим направлениям. Среди наиболее ярких результатов можно отметить работу, где впервые в ходе исследования анаэробного серного дыхания в гиперсоленых озерах юго-западной Сибири были получены чистые культуры галоархей, способных к литогетеротрофному анаэробному росту с водородом и формиатом в качестве донора и серы или

тиосульфата в качестве акцепторов электронов. Полученные результаты расширяют представления о метаболических возможностях экстремофильных галоархей.

Выделены и охарактеризованы четыре новых таксона морских бактерий, выделенных из проб грунта Охотского моря и перспективных для изучения в биотехнологии. На основе геномных данных показан потенциал морской бактерии *Pseudoalteromonas distincta* КММ 701 как продуцента уникальной  $\alpha$ -галактозидазы, превращающей В-эритроциты в клетки крови универсального типа, нефте- и пластикодеструктора. Установлены также полные химические структуры капсульных полисахаридов бактерии *Halomonas aquamarina* EG27S8QL (солевые грязи оз. Карун, Египет) и морской грамтрицательной бактерии *Kangiella japonica* КММ 3897 (прибрежные воды Японского моря), полисахарид которой обладает избирательным антипролиферативным эффектом в отношении клеток карциномы молочной железы и является перспективным объектом для дальнейших исследований механизма его действия.

В области *экспериментальной биологии растений*, специфической области физико-химической биологии, ставящей задачи выявления молекулярных и физиологических механизмов интеграции сложных биологических процессов на уровне клетки и целостного растения, большое внимание уделяется исследованиям метаболизма фотосинтезирующих организмов, в том числе с перспективой их использования в практических целях. Так, в 2022 г. впервые показано, что пониженная влажность воздуха (моделирующая условия засухи) снижает активность фотосистем 1 и 2 и угнетает рост растений при тепловом стрессе.

При изучении этапов меланогенеза лишайников обнаружены уникальные гигроскопические свойства меланинов и их высокая хелатирующая активность по отношению к тяжелым металлам и синтетическим красителям, расширяющие современное представление о роли меланинов в обеспечении уникальной стрессовой устойчивости лишайников и перспективах их практического применения в области фиторемедиации, биотехнологии и создания перспективных биоматериалов на основе меланиновых нанокompозитов.

Проведен анализ содержания и структурного многообразия полисахаридов бурых водорослей семейства *Laminariaceae*, показан терапевтический потенциал ламинаранов и фукоиданов в качестве противоопухолевых препаратов. Исследуемые фракции фукоидана обладали способностью ингибировать процесс образования колоний, индуцированный эпидермальным фактором роста, в нормальных эпидермальных клетках мыши и самопроизвольное образование колоний в клетках меланомы человека.

В области *биохимии, биофизики и структурной биологии* можно отметить выделение и характеризацию первых представителей новой структурной группы антибиотиков, стрептоцинамидов А и В, полученных из бактерии *Streptomyces* sp. КММ 9044. Установлено, что эти соединения по структуре являются хлорированными депсигептапептидами. Полученные антибиотики избирательно ингибируют рост клеток некоторых видов грамположительных бактерий. Эти исследования открыли возможности синтеза новых антибиотиков на основе стрептоцинамидов как модельных соединений.

Важное открытие сделано в области создания новых противораковых средств. Созданы искусственные рибонуклеазы (миРНКазы) нового дизайна, специфичные в отношении онкогенных микроРНК (миРНК-21 и миРНК-17) и показано, что они количественно и селективно расщепляют онкогенные миРНК по функционально значимым областям, что приводит к их полной инактивации.

Болезнь Альцгеймера – серьезное нейродегенеративное заболевание, поражающее значительное число людей. В 2022 г. на модели трансгенных нематод доказана ключевая роль бета-амилоида (А $\beta$ ) с изомеризованным остатком Asp7 (isoА $\beta$ ) в качестве необходимого компонента для конформационного превращения эндогенных молекул А $\beta$  и их последующей патологической агрегации. Разработан

потенциальный лекарственный препарат – тетрапептид НАЕЕ, обработка которым нейтрализует негативное действие isoA $\beta$  на нематод. НАЕЕ проходит гематоэнцефалический барьер и является молекулярным агентом, способным блокировать патологический процесс на уровне организма, что предлагает перспективы его использования в качестве средства для превентивной антиамилоидной терапии болезни Альцгеймера.

Среди работ по направлению **молекулярная биология, молекулярная генетика и геномные исследования** необходимо отметить следующие достижения:

Интересные работы появились в области исследований структуры хроматина. Так, продемонстрировано, что пространственная организация генома в значительной мере определяет морфологию клеточного ядра. Показано, что нокаут гена, кодирующего гистон-метилазу SETDB1 в культивируемых клетках рака легкого (линия A549) приводит к усилению гетерохроматинового компартмента, в том числе к возрастанию слоя гетерохроматина около ядерной оболочки. В результате этого ядра приобретают правильную форму и утрачивают способность к деформации, что, в свою очередь, приводит к существенному снижению способности клеток к миграции. Клетки A549 с нокаутом SETDB1 становятся больше похожи на нормальные (не раковые) клетки.

На основе разработанной быстрой сборки и аннотации геномов были собраны геномы пяти видов комаров рода *Anopheles* и обнаружен новый тип хроматиновых петель – ультрадлинные взаимодействия между участками генома на расстоянии миллионов пар оснований, сохраняющиеся в эволюции на протяжении сотен миллионов лет. Выявленные закономерности позволили реконструировать события в ходе видообразования и изменения специфичности кормовой базы комаров – переносчиков опасных инфекционных заболеваний.

Исследования репарации ДНК чрезвычайно важны, в том числе ввиду связи нарушений в последней со злокачественными повреждениями клеток. Апурин-апиримидиновые сайты (АП-сайты) – повреждения ДНК, очень часто возникающие и спонтанно, и под действием внешних факторов, и в процессе эксцизионной репарации оснований ДНК (ЭРО). АП-сайты и их производные легко сшиваются с клеточными белками. Такие аддукты подвергаются протеолизу, но дальнейшая судьба образующихся АП-пептидных сшивок неясна. Разработаны две модели АП-пептидных сшивок разной структуры.

Незавершенный (несовершенный) остеогенез (Q78.0 (МКБ-10) является одним из наиболее распространенных наследственных заболеваний костной системы с выраженной клинической вариабельностью и генетической гетерогенностью, молекулярные аспекты которого все еще до конца не раскрыты. В результате молекулярно-генетического исследования 81 пациента из 68 семей из Республики Башкортостан с использованием массового параллельного секвенирования (NGS) идентифицирована молекулярная причина заболевания в 61,02% отягощенных семей. Патогенные изменения выявлены в 4 генах, вовлеченных в патогенез незавершенного остеогенеза, и 7 генах, ответственных за другие заболевания. Обнаружено 30 патогенных вариантов изменений нуклеотидной последовательности в двух генах коллагена 1 типа (COL1A1 и COL1A2), 11 из которых ранее не были описаны в литературе, что составило 93,8% от всех выявленных мутаций.

В рамках исследований по направлению **клеточная биология, иммунология и вирусология**:

Изучение и совершенствование процесса репрограммирования соматических клеток в плюрипотентное состояние необходимо для понимания молекулярных механизмов данного процесса и создания более качественных индуцированных плюрипотентных стволовых клеток (ИПСК), в перспективе применимых в тканезаместительной регенеративной медицине. В 2022 г. впервые показаны две различные функции активных форм кислорода (АФК), вырабатываемых митохондриями, и важность клеточного

дыхания в процессе репрограммирования. Установили, что на ранней стадии данного процесса АФК поддерживаются на высоком уровне, при этом их избыток подавляет эффективность репрограммирования. На промежуточной и поздней стадии АФК поддерживаются на низком уровне, при этом данный оптимальный уровень АФК необходим для эффективного протекания процесса репрограммирования.

Разработка терапии Т-клетками с химерными антигенными рецепторами (CAR) стала важной вехой в современной онкотерапии. Несмотря на замечательную эффективность *in vitro*, проблема безопасности и эффективности CAR-Т-клеточной терапии против солидных опухолей осложняется отсутствием опухолеспецифических антигенов, необходимых для предотвращения целевых внеопухолевых эффектов. Здесь высокое сродство и способность системы бактериальный токсин-антитоксин барназа-барстар были использованы для направления CAR Т-клеток к солидным опухолям. Полученная система обладает значительными преимуществами: с ее помощью можно менять нацеливание CAR-Т клеток на разные части. Авторы работы получили подтверждение работоспособности системы *in vitro* и *in vivo*.

Идентификация антигенов, распознаваемых рецепторами Т-лимфоцитов, в особенности аутоантигенов, на данный момент представляет технологически весьма сложную задачу. При этом получаемые сведения совершенно необходимы как для понимания общих правил распознавания Т-клетками специфических антигенов, так и для понимания механизма развития аутоиммунного заболевания и разработки терапевтических подходов подобных состояний. Авторам удалось установить полную последовательность для Т-клеточного рецептора (TCR), ассоциированного с анкилозирующим спондилоартритом, ревматологическим заболеванием аутоиммунной природы, расширить группу АС-ассоциированных TCR с известной последовательностью и определить узнаваемые ими Т-клеточные эпитопы (антигены) и ключевые аминокислотные остатки, определяющие узнавание антигенных пептидов. Были найдены распознаваемые этими TCR антигенные пептиды из белков организма человека и ряда кишечных бактерий. Знание структуры антигенов, распознаваемых АС-ассоциированными TCR открывает широкие возможности для изучения механизма участия этой группы Т-клеток в патогенезе заболевания и развития принципиально новых подходов к терапии анкилозирующего спондилита.

Большинство биомедицинских исследований проводится на клеточных линиях человека и других млекопитающих, которые призваны воспроизводить черты определенных патологий. Однако практически все работы с ними включают использование культуральных сред, меняющих метаболизм, дифференцировку и функции клеток. В работе 2022 г. показано, что использование вместо классических сред среды Plasmax, имитирующей плазму крови человека, меняет морфологию клеток, усиливает дыхательную активность митохондрий и существенно влияет на лизосомы. Продемонстрировано, что использование такой среды целесообразно для исследования молекулярной биологии вирусных инфекций и редокс-биологии.

Среди достижений в области **системная биология и биоинформатика** можно отметить анализ выборки больших транскриптомных данных, включающей более чем 12000 дифференциально-экспрессирующихся генов нормотензивных и гипертензивных организмов (человека и одомашненных животных). Впервые выявлено две группы генов, избыток экспрессии которых ассоциирован с гипертонией: (1) гены  $\beta$ -протокадгеринов, избыток экспрессии которых сужает внутренний диаметр сосудов, и (2) гены гемоглобинов, повышенная экспрессия которых повышает вязкость крови.

В рамках направления **биотехнология и синтетическая биология** разработаны технологии для процессов, существенных для разных сфер экономики. Одним из таких процессов является интенсивное культивирование микроводоросли *Chlorella sorokiniana* IPPAS C-1 в закрытых фотобиореакторах для пилотного производства биомассы, которая широко используется для получения продуктов различного

назначения: кормов и пищевых добавок; пигментов и красителей; медицинских препаратов и биотоплива нового поколения. Технология культивирования хорошо встраивается в системы утилизации отходов и востребована в замкнутых системах жизнеобеспечения.

Проведен молекулярный анализ микробных сообществ активного ила очистных сооружений, который выявил ключевые микроорганизмы, обеспечивающие очистку сточных вод города Москвы от органики, азота и фосфора. Был определен состав микробиомов активного ила девяти крупных установок, обеспечивающих очистку сточных вод города Москвы. Установлено, что состав микробиомов зависит от технологии очистки, но во всех установках доминировали протеобактерии. Сравнение микробиомов очистных сооружений Москвы и крупных городов по всему миру показало, что московские образцы образуют отдельный кластер на мировом «дереве». Вероятно, составы микробиомов в большей степени обусловлены характеристиками сточных вод, которые определяются экологическими, экономическими и культурными особенностями города и страны, чем используемыми технологиями очистки, которые необходимо адаптировать к конкретному региону. Полученные результаты являются основой для разработки методов направленного управления микробными сообществами активного ила, обеспечивающих повышение эффективности и стабильности процессов очистки сточных вод.

В целом можно констатировать, что, несмотря на ряд трудностей, связанных, в первую очередь, с санкционной политикой стран Запада, фундаментальные исследования в области биологии в 2022 г. развивались динамично и находились в русле исследований, ведущихся в мире. Можно констатировать, что биологическая наука в настоящее время трансформировалась в реальную силу и ее роль постоянно возрастает.

## Важнейшие достижения

### 1. Универсальные модульные CAR на основе взаимодействия барназы с барстаром.

Разработка терапии T-клетками с химерными антигенными рецепторами (CAR) стала важной вехой в современной онкотерапии. Несмотря на замечательную эффективность *in vitro*, проблема безопасности и эффективности CAR-T-клеточной терапии против солидных опухолей осложняется отсутствием опухолеспецифических антигенов, необходимых для предотвращения целевых внеопухолевых эффектов. Здесь высокое сродство и способность системы бактериальный токсин-антитоксин барназа-барстар были использованы для направления CAR T-клеток к солидным опухолям. В результате данного исследования потенциально станет возможным удаление солидных опухолей с помощью специальных иммунных T-клеток, несущих т.н. химерный антигенный рецептор (CAR-T клетки). В данной работе реализован модульный принцип, который дает возможность менять нацеливание CAR-T клеток на разные части антигена (т.е., раковой клетки), а также на другие ассоциированные с опухолью антигены. Становится возможным осуществлять контроль активности CAR-T клеток (Рис. 96), что позволит преодолеть опасности, сопряженные с терапией CAR-T клетками (гиперцитокинемия (цитокиновый шторм), синдром лизиса опухоли). (ИБХ РАН; авторы академик РАН Габитов А.Г., академик РАН Деев С.М.,)

*Публикация:*

Stepanov AV et al. (2022) Switchable targeting of solid tumors by BsCAR T cells. Proc Natl Acad Sci USA (IF=12.779)

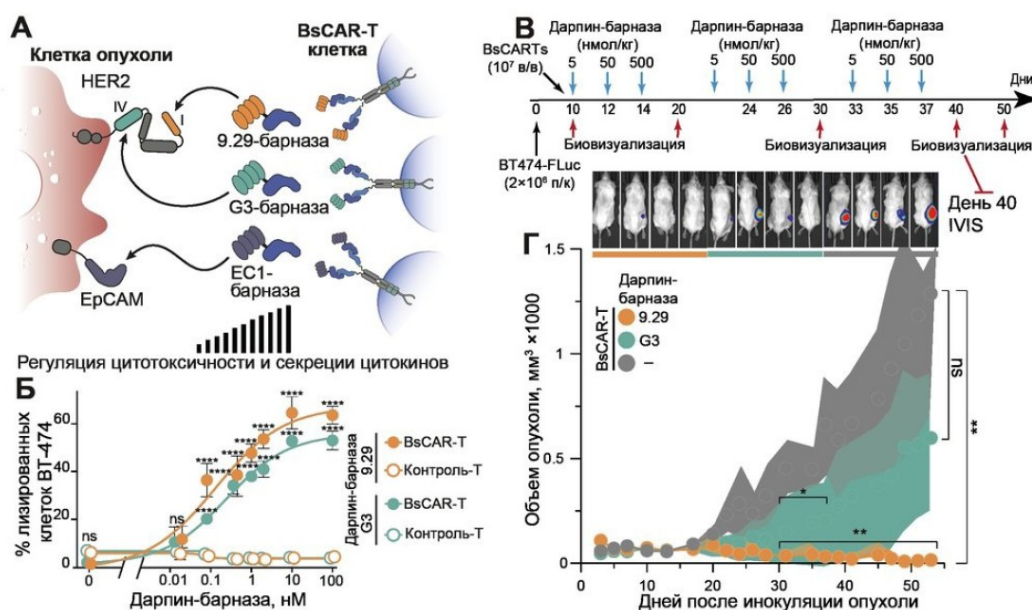


Рис. 96. Контроль активности CAR-T клеток.

- А) За счет модульности можно менять нацеливание CAR-T клеток на разные части антигена, а также на другие ассоциированные с опухолью антигены.
- Б) Подтверждение регуляции активности *in vitro* (цитотоксический тест на клетки с гиперэкспрессией HER2, с двумя видами молекул-посредников 9.29-барназа и G3-барназа).
- В, Г) Подтверждение работоспособности системы *in vivo*.

**2. Открыта новая группа микрохищников**, названная Провора (*Provora* (Рис. 97), или «протисты-пожиратели»). Группа включает микробных хищников, которые широко распространены в морских, солоноватых и пресных водах. Морфологический анализ с использованием электронной микроскопии выявил очень древний план строения их клеток. Эти одноклеточные организмы питаются, частично откусывая клетки жертвы, демонстрируя, что жгутиконосцы пикоразмеров могут питаться более крупными одноклеточными. Это следует учитывать при моделировании микробных пищевых сетей, потоков вещества и энергии в водных экосистемах. У них активно экспрессируются гены, кодирующие порообразующие цитолитические белки, которые функционируют в иммунных системах животных. У этих протистов они, по-видимому, играют важную роль в хищничестве и вовлечены в механизмы прикрепления к жертве, выстреливания стрекательных органелл и лизиса мембран. Жгутиконосцы *Provora* находятся на втором месте среди всех эукариот по количеству белок-кодирующих генов в митохондриальном геноме.

(ИБВВ РАН; организации-соисполнители: МГУ, СПбГУ, ЗИН РАН, ИППИ РАН, Университет Британской Колумбии (Канада), Университет Виктории (Канада); исполнители: д.б.н. Тихоненков Д.В., Беляев А.О., Загуменный Д.Г., Бородин А.С., Прокина К.И., Мыльников А.П.)

Публикация:

Tikhonenkov D.V., Mikhailov K.V., Gawryluk R.M.R., Belyaev A.O., Mathur V., Karpov S.A., Zagumyonnyi D.G., Borodina A.S., Prokina K.I., Mylnikov A.P., Aleoshin V.V., Keeling P.J. (2022) Microbial predators form a new supergroup of eukaryotes. *Nature*. 10.1038/s41586-022-05511-5. IF: 69.504.



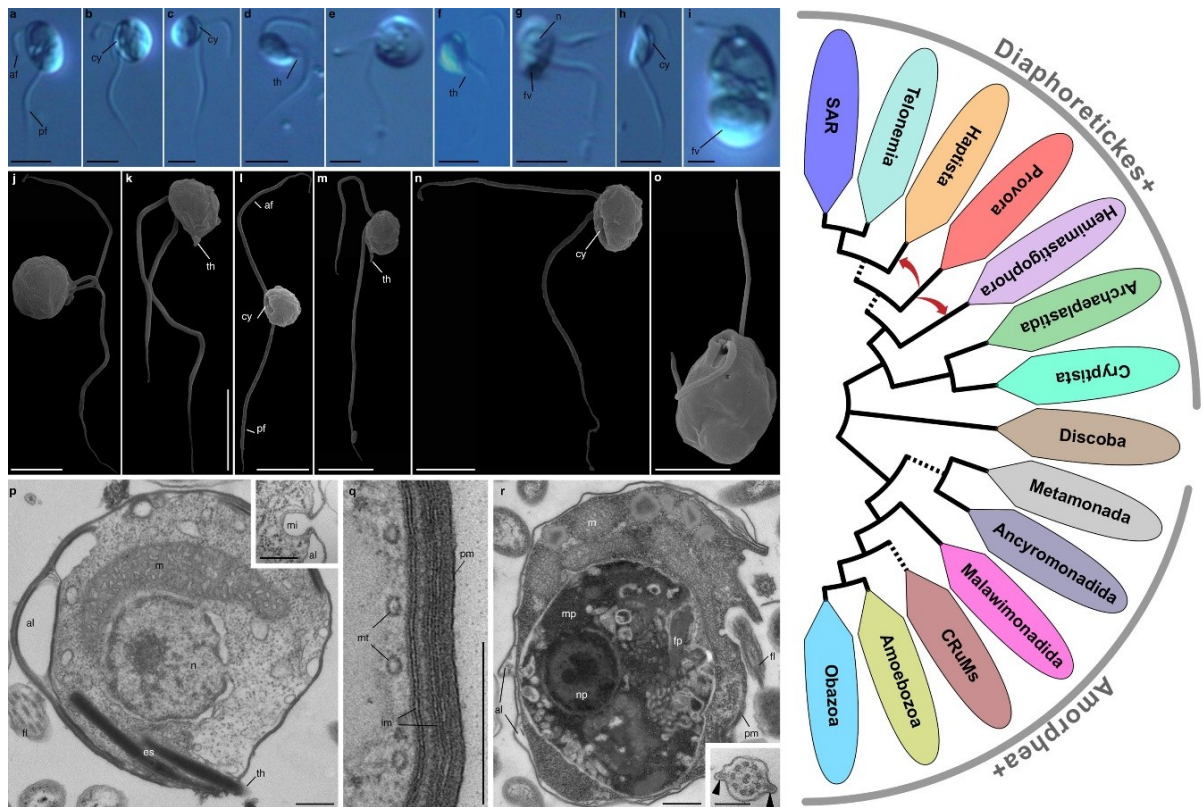


Рис. 97. Морфология и филогенетическое положение новой супергруппы эукариот Provoza

### 3. Патологические эффекты isoAsp7-Аβ и Zn<sup>2+</sup> подавляются тетрапептидом НАЕЕ (Рис. 98)

В лаборатории конформационного полиморфизма белков в норме и патологии (зав. лабораторией академик А.А. Макаров) доказана ключевая роль бета-амилоида (Аβ) с изомеризованным остатком Asp7 (isoАβ) в качестве необходимого компонента для конформационного превращения эндогенных молекул Аβ и их последующей патологической агрегации с использованием трансгенных нематод в качестве модели болезни Альцгеймера. Выявлено, что инициирование цинк-зависимой олигомеризации эндогенного Аβ под влиянием isoАβ сопровождается двукратным повышением уровня амилоидных агрегатов и значительным сокращением продолжительности жизни животных. В то же время, обработка нематод тетрапептидом НАЕЕ, который был разработан для ингибирования образования цинк-зависимых интерфейсов между Аβ и его лигандами за счет специфического ион-комплементарного связывания с Аβ, полностью нейтрализует негативное действие isoАβ на нематод. НАЕЕ проходит гематоэнцефалический барьер и является молекулярным агентом, способным блокировать патологический процесс на уровне организма, что предлагает перспективы его использования в качестве средства для превентивной антиамилоидной терапии болезни Альцгеймера. (ИМБ РАН)

*Публикация:*

Mitkevich V.A., Barykin E.P., Eremina S., Pani B., Katkova-Zhukotskaya O., Polshakov V.I., Adzhubei A.A., Kozin S.A., Mironov A.S., Makarov A.A., Nudler E. (2022) Zn-dependent β-amyloid Aggregation and its Reversal by the Tetrapeptide НАЕЕ. *Aging and Disease*, DOI: 10.14336/AD.2022.0827

# Патологические эффекты isoAsp7-Aβ и Zn<sup>2+</sup> подавляются тетрапептидом НАЕЕ

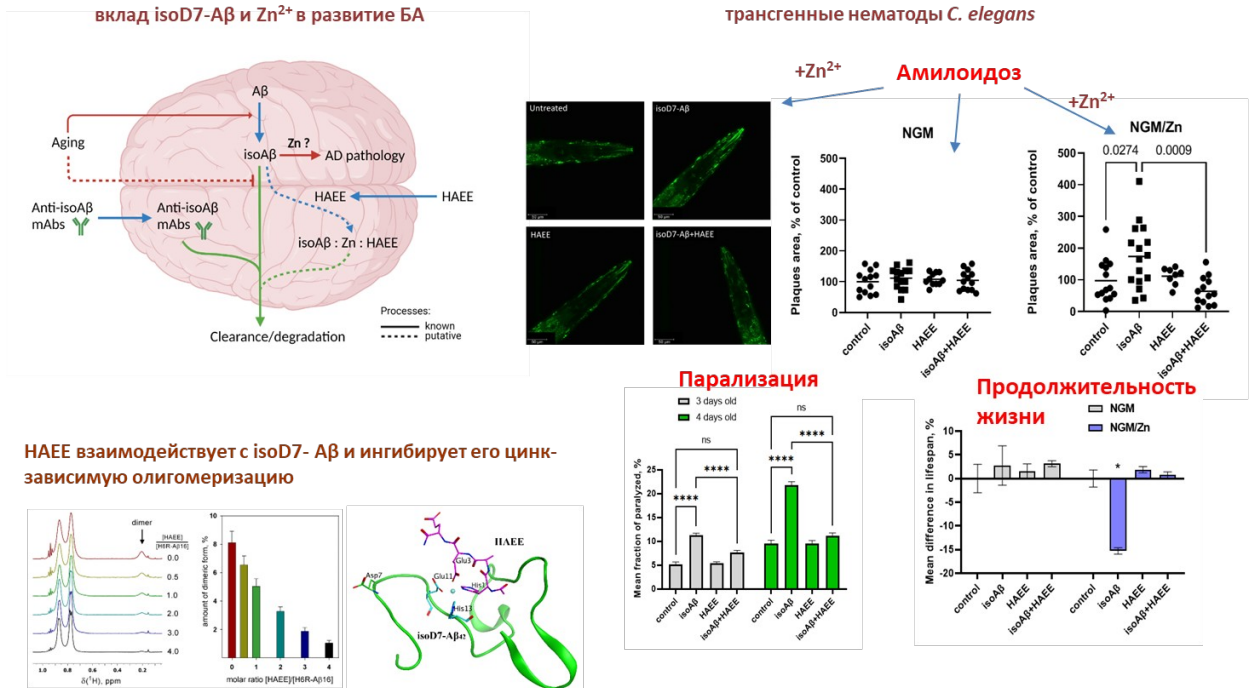


Рис. 98

**4. Выявлено таксономическое разнообразие флоры боклодных мхов (Рис. 99), произрастающих на территории России.** Эта наиболее молодая, быстро эволюционирующая и сложная в систематическом отношении группа мхов является одним из важнейших компонентов растительного покрова страны. До настоящего времени она не являлась предметом специального изучения. Всего зарегистрировано 453 вида, относящихся к 163 родам и 36 семействам. В работе сочетались методы сравнительной анатомии и молекулярной филогенетики, в результате чего уточнены представления об объеме многих таксонов. В частности, описаны как новые для науки 5 семейств, 15 родов и свыше 20 видов боклодных мхов. (ГБС РАН; исполнитель: д.б.н. Игнатов М.С.,)

Результаты опубликованы в двух томах «Флоры мхов России» (2020–2022):

Флора мхов России. Т. 6. Нурнаles (Calliergonaceae – Amblystegiaceae) / Отв. ред. Игнатов М.С. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2022. 472 с.

Флора мхов России. Т. 5. Нуроптергиалес – Нурнаles (Plagiotheciaceae – Brachytheciaceae) / Отв. ред. Игнатов М.С. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2020. 600 с.



Рис. 99. Новые для науки виды бокоплодных мхов: *Enrothia platyclada* и *Pseudanomodon attenuatus*

#### 5. Стрептоциннамиды А и В: выделение и структурный анализ новой структурной группы антибиотиков

Стрептоциннамиды А и В (Рис. 100), первые представители новой структурной группы антибиотиков, были получены из бактерии *Streptomyces* sp. КММ 9044 из пробы донных осадков, собранной в северо-западной части Японского моря. Установлено, что эти соединения являются хлорированными депсигептапептидами, содержащими в 26-членном цикле вместе с обычными и ранее неизвестные аминокислоты, 3-гидрокси-4-хлорвалин и новый изомер 4-ацетокси-5-метилпролина, а также глицериновую кислоту. Показано, что полученные антибиотики избирательно ингибируют рост клеток некоторых видов грамположительных бактерий. Наибольшую активность показал стрептоциннамид А в отношении *Micrococcus* sp. (минимальная ингибирующая концентрация 4 нг/мл). Выделение и структурный анализ таких веществ открывают возможность синтеза новых антибиотиков на основе стрептоциннамидов как модельных соединений. (ТИБОХ ДВО РАН совместно с ИБХ РАН, РНИМУ им. Н.И. Пирогова; авторы: д.х.н. Макарьева Т.Н., д.б.н. Романенко Л.А., академик РАН Стоник В.А.)

*Публикация:*

Makarjeva T.N., Romanenko L.A., Mineev K.S., Shubina L.K., Guglya E.B., Kalinovskaya N.I., Ivanchina N.V., Guzii A.G., Belozeroва O.A., Kovalchuk S.I., Popov R.S., Denisenko V.A., Mikhailov V.V., Babenko V.V., Пина E.N., Malakhova M.V., Terekhov S.S., Kudzhaev A.M., Dmitrenok P.S., Yampolsky I.V., Stonik V.A. (2022) Streptocinnamides A and B, depsipeptides from *Streptomyces* sp. KMM 9044. *Organic Letters*, Vol. 15, N 27, P. 4892-4895.

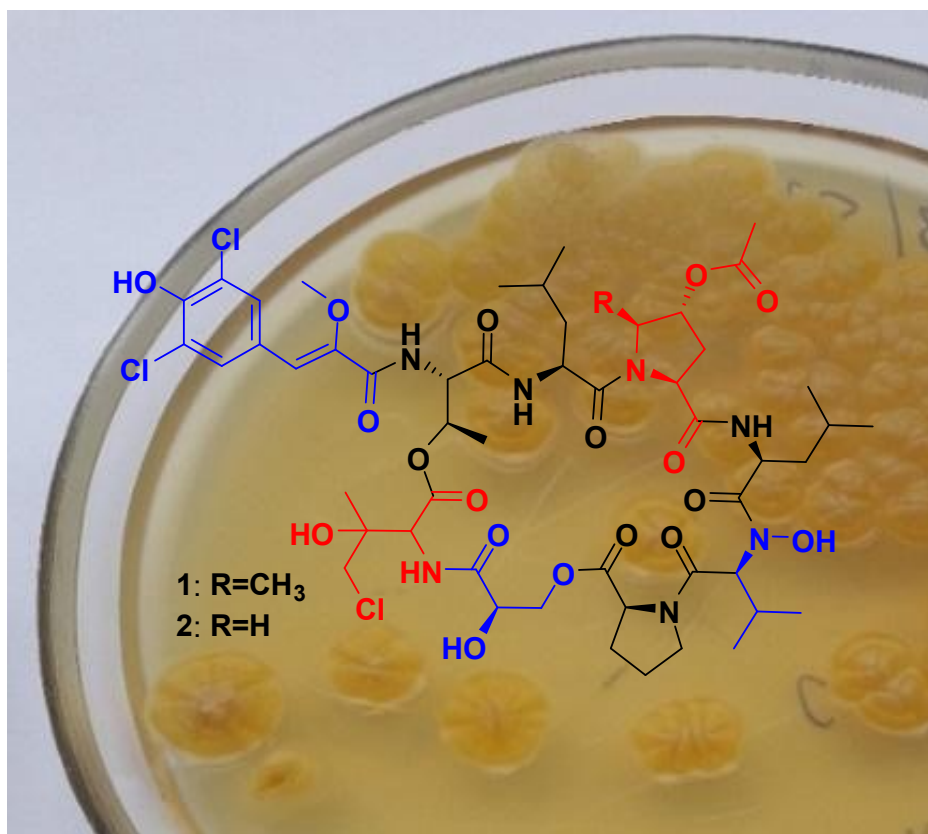


Рис. 100. Структуры стрептоцинамидов А и В из бактерии *Streptomyces* sp. КММ 9044

**6. Разработан прототип ДНК-чипа для определения происхождения, чистопородности, оценки хозяйственно-значимых признаков крупного рогатого скота (Рис. 101), в том числе молочной и мясной продуктивности и моногенных заболеваний крупного рогатого скота с использованием более 1000 молекулярных маркеров.**

Предлагаемая технология значительно повышает эффективность племенной оценки животных. ДНК-чип является отечественной инновационной разработкой и имеет высокий потенциал для использования в геномной селекции и для сохранения генофондов отечественных пород сельскохозяйственных животных. (ИОГен РАН; руководитель: д.б.н. Столповский Ю.А.),

*Публикации:*

Столповский Ю.А., Кузнецов С.Б., Солоднева Е.В., Шумов И.Д. Новая система генотипирования крупного рогатого скота на основе технологии ДНК-микрочипов // Генетика. 2022, том 58. № 8. С. 857-871. doi: 10.31857/S0016675822080094.

Кузнецов С.Б., Солоднева Е.В., Семина М.Т. Бекетов С.В., Турбина Е.С., Столповский Ю.А. Новые сочетания аллелей в вариантах генов казеинового кластера крупного рогатого скота и ревизия их номенклатуры // Генетика. 2022, том 58. № 8. С. 889-901. doi:10.31857/50016675822080057.

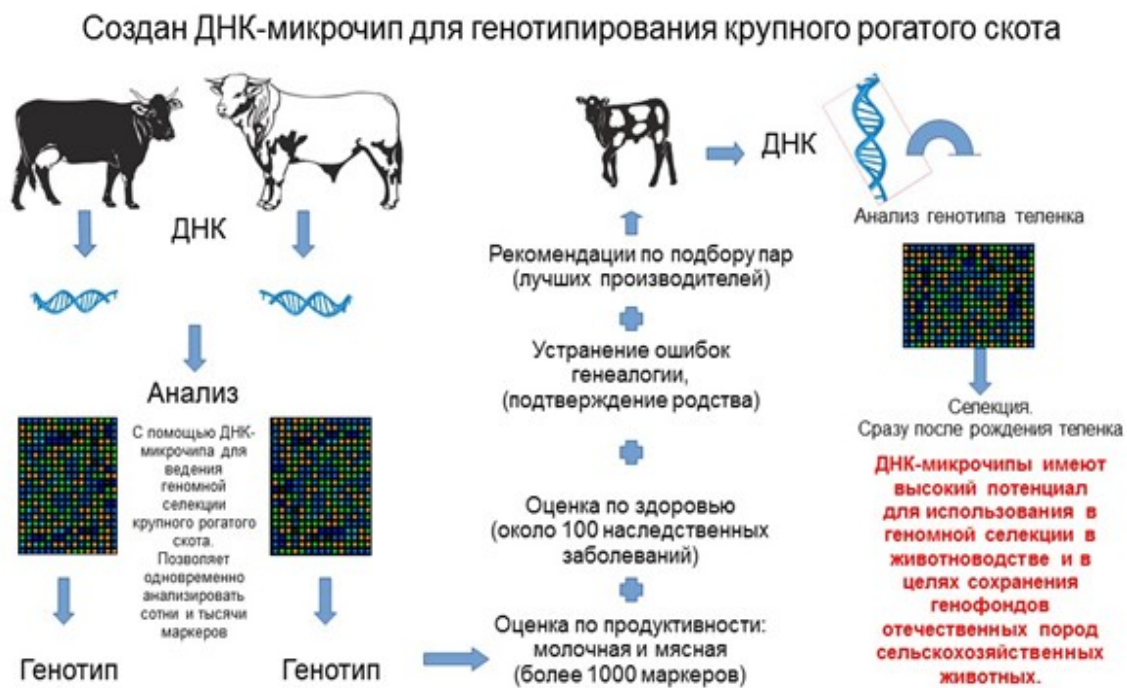


Рис. 101.

## 7. Идентификация эпитопов, распознаваемых Т-клеточным рецептором, ассоциированным с анкилозирующим спондилитом (Рис. 102)

Анкилозирующий спондилоартрит (АС) – ревматологическое заболевание аутоиммунной природы. В основе развития аутоиммунных патологий лежит реализация иммунного ответа организма против антигенов собственных клеток. Идентификация антигенов, распознаваемых рецепторами Т-лимфоцитов, в особенности аутоантигенов, на данный момент представляет технологически весьма сложную задачу. К настоящему времени удалось охарактеризовать антигенную специфичность буквально лишь нескольких таких Т-клеточных рецепторов (TCR). При этом получаемые сведения совершенно необходимы как для понимания общих правил распознавания Т-клетками специфических антигенов, так и для понимания механизма развития аутоиммунного заболевания и разработки терапевтических подходов подобных состояний. В Лаборатории сравнительной и функциональной геномики Отдела геномики адаптивного иммунитета ИБХ им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН удалось установить полную последовательность для TCR, ассоциированного с анкилозирующим спондилоартритом. Совместно с американскими коллегами удалось расширить группу АС-ассоциированных TCR с известной последовательностью и определить узнаваемые ими Т-клеточные эпитопы (антигены). С помощью рентгеноструктурного анализа нескольких комплексов TCR с соответствующими комплексами пептид-МНС удалось определить ключевые аминокислотные остатки, определяющие узнавание антигенных пептидов. Были найдены распознаваемые этими TCR антигенные пептиды из белков организма человека и ряда кишечных бактерий.

Полученные результаты поддерживают гипотезу кросс-реактивности Т-клеток при узнавании микробных антигенов и антигенов клеток собственного организма как механизма запуска аутоиммунной реакции при АС. Знание структуры антигенов, распознаваемых АС-ассоциированными TCR, открывает широкие возможности для изучения механизма участия этой группы Т-клеток в патогенезе заболевания и

развития принципиально новых подходов к терапии анкилозирующего спондилита. (ИБХ РАН, Отдел геномики адаптивного иммунитета; автор: член-корреспондент РАН Чудаков Д.М.)

Публикация:

Yang X et al. (2022) Autoimmunity-associated T cell receptors recognize HLA-B\*27-bound peptides. Nature 612, pages771–777 (IF=69.504).

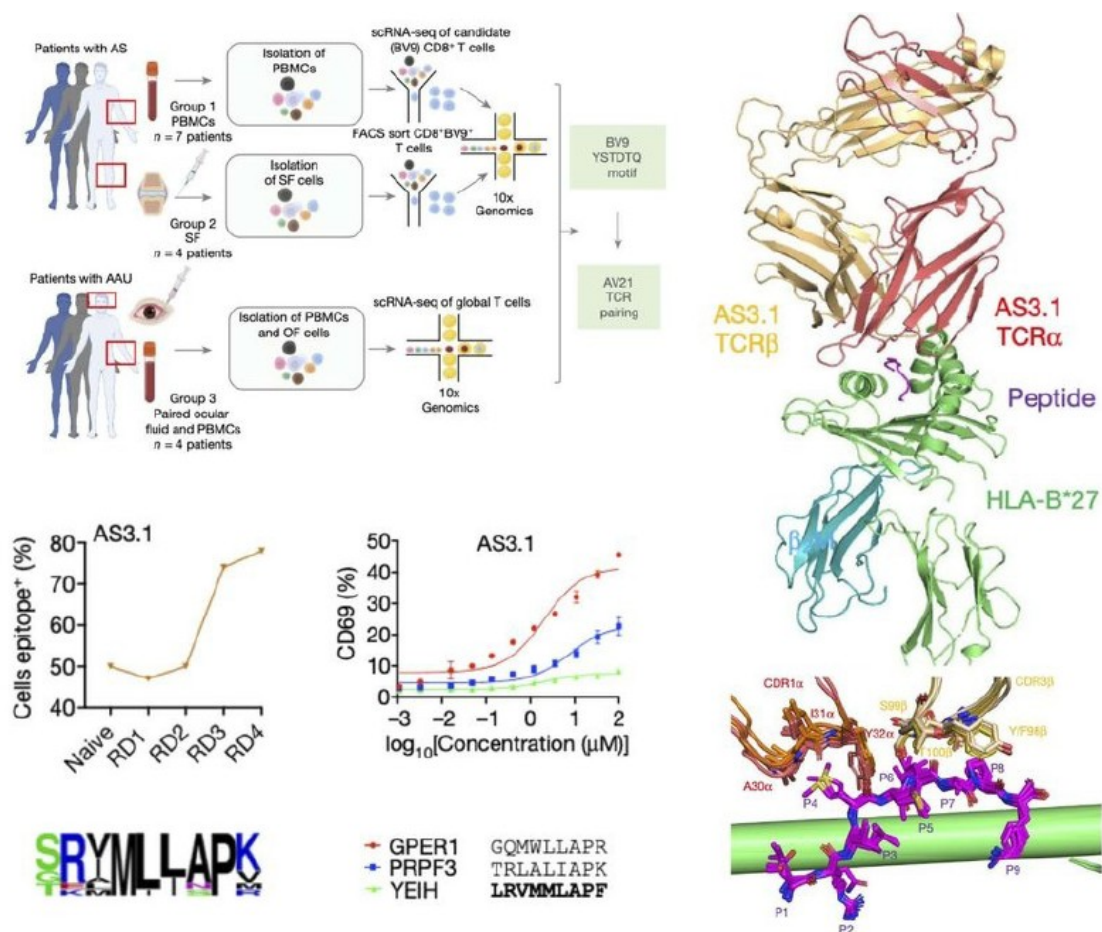


Рис. 102. Идентификация эпитопов, распознаваемых Т-клеточным рецептором, ассоциированным с анкилозирующим спондилитом

8. Опубликовано: Красная книга Российской Федерации (том Животные) и Красная книга города Москвы (Рис. 103).

В Красной книге Российской Федерации приведены сведения о 443 видах животных (вместе с подвидами и популяциями 491 объект), включающие их систематическое положение, природоохранные статусы, современное распространение, места обитания и особенности экологии, численность, лимитирующие факторы, принятые и необходимые меры охраны. Председатель Главной редакционной коллегии Красной книги РФ академик РАН Д.С. Павлов, ответственный секретарь - академик РАН В.В. Рожнов. Красные книги являются не только важным правовым документом, устанавливающим природоохранный статус конкретных видов животных и растений Российской Федерации, но и инструментом для решения проблем сохранения биологического разнообразия всей планеты. (ИПЭЭ РАН, соисполнители: ФГБУ «ВНИИ Экологии» (Минприроды России) и Правительство г. Москвы. Руководители: академик РАН Павлов Д.С., академик РАН Рожнов В.В., член-корреспондент РАН Суров А.В.)

*Публикации:*

Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. 1128 с. (Книга вышла на рубеже 2021 и 2022 г.);

Красная книга города Москвы. 3-е издание. М.: «Подольская фабрика офсетной печати», 2022. 848 с. (ИПЭЭ РАН).

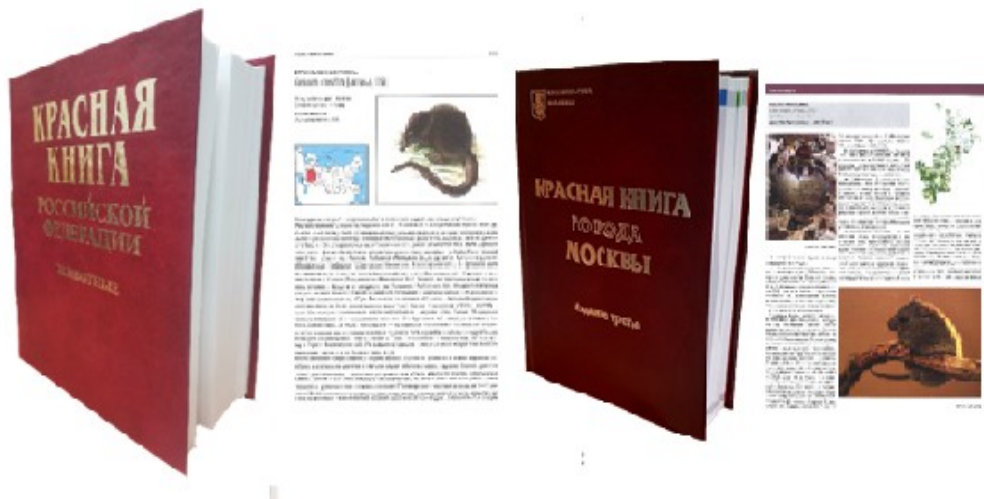


Рис. 103. Красная книга Российской Федерации (том Животные) и Красная книга города Москвы

#### **9. Петлеобразующие би-пептидные миРНКазы осуществляют высокоэффективное расщепление онкогенных миРНК в функционально значимой области**

Разработана серия миРНК-направленных искусственных рибонуклеаз (миРНКаз), представляющих собой петлеобразующие олигонуклеотид-пептидные конъюгаты, специфичные в отношении онкогенных микроРНК – миРНК-21 и миРНК-17 (Рис. 104). Показано, что конъюгат miR-17-DC-ββ, содержащий два каталитических пептида в β-конфигурации, является соединением-лидером, количественно и селективно расщепляющим микроРНК-мишень по связям внутри петли. Важным фактором является синергическое действие конъюгата и внутриклеточной РНКазы H, что приводит к расщеплению миРНК по функционально значимым областям и полной ее инактивации. (ИХБФМ СО РАН; авторы: О.А. Патутина О., Д.А. Чиглинцева, Б. Амирлоо, С.К. Гапонова, В.В. Власов, Е.В. Биченкова, М.А. Зенкова)

*Публикация:*

Olga Patutina, Daria Chiglintseva, Bahareh Amirloo, David Clarke, Svetlana Gaponova, Valentin Vlassov, Elena Bichenkova, and Marina Zenkova (2022) Bulge-Forming miRNases Cleave Oncogenic miRNAs at the Central Loop Region in a Sequence-Specific Manner. Int J Mol Sci., 23, 6562. Doi:10.3390/ijms23126562. IF – 6.208. Q 1. SJR – Q 1

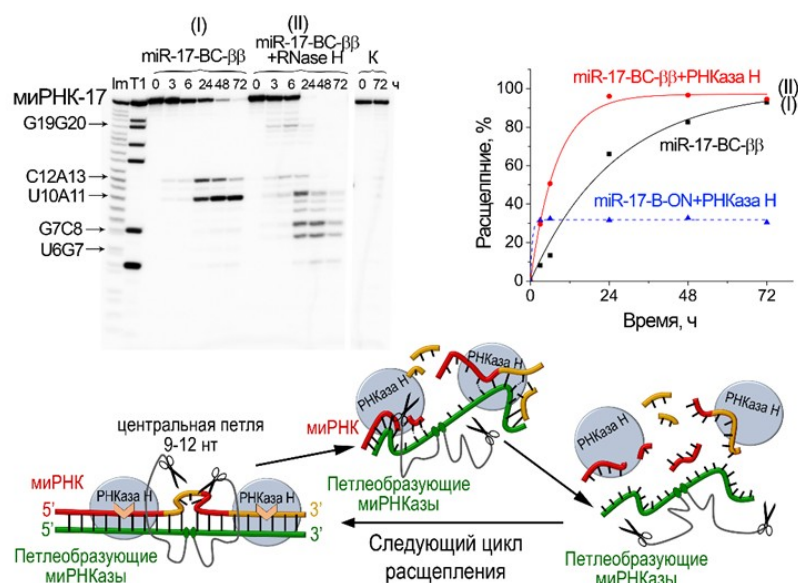


Рис. 104. Эффективность расщепления миРНК и предполагаемый механизм реакции с одновременным участием петлеобразующих би-пептидных миРНКаз и РНКазы Н

**10. Завершено исследование Вредоносного цветения водорослей (ВЦВ) – одного из распространенных явлений в водных экосистемах (Рис. 105), произошедшего осенью 2020 года у берегов Камчатки и сопровождавшегося массовой гибелью гидробионтов и отравлениями людей. Исследования показали, что возбудителями ВЦВ, были динофлагелляты рода *Karenia*. Масштабы цветения, которое продолжалось более двух месяцев и охватывало обширную акваторию юго-восточного и юго-западного побережья п-ва Камчатка, оценивали с помощью дистанционных методов. Молекулярная филогения показала, что доминировал вид *K. selliformis*, принадлежащий к холодноводной группе I и идентичен виду, вызвавшему ВЦВ в октябре 2021 г. у берегов Хоккайдо в Японии, сопровождавшегося катастрофической гибелью морских ежей. (ННЦМБ ДВО РАН совместно с КамчатНИРО, ДВФУ и Университетом Токио, Япония. Исполнитель: к.б.н. Орлова Т.Ю.)**

*Публикация:*

Orlova T.Y., Aleksanin A.I., Lepskaya E.V., Efimova K.V., Selina M.S., Morozova T.V, Stonik I.V., Kachur V.A., Karpenko A.A., Vinnikov K.A., Adrianov A.V., Iwataki M. (2022) A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020. *Harmful Algae*, Vol. 120. P. 102337. DOI: 10.1016/j.hal.2022.102337 (Q1, 13.2 балла ГЗ)



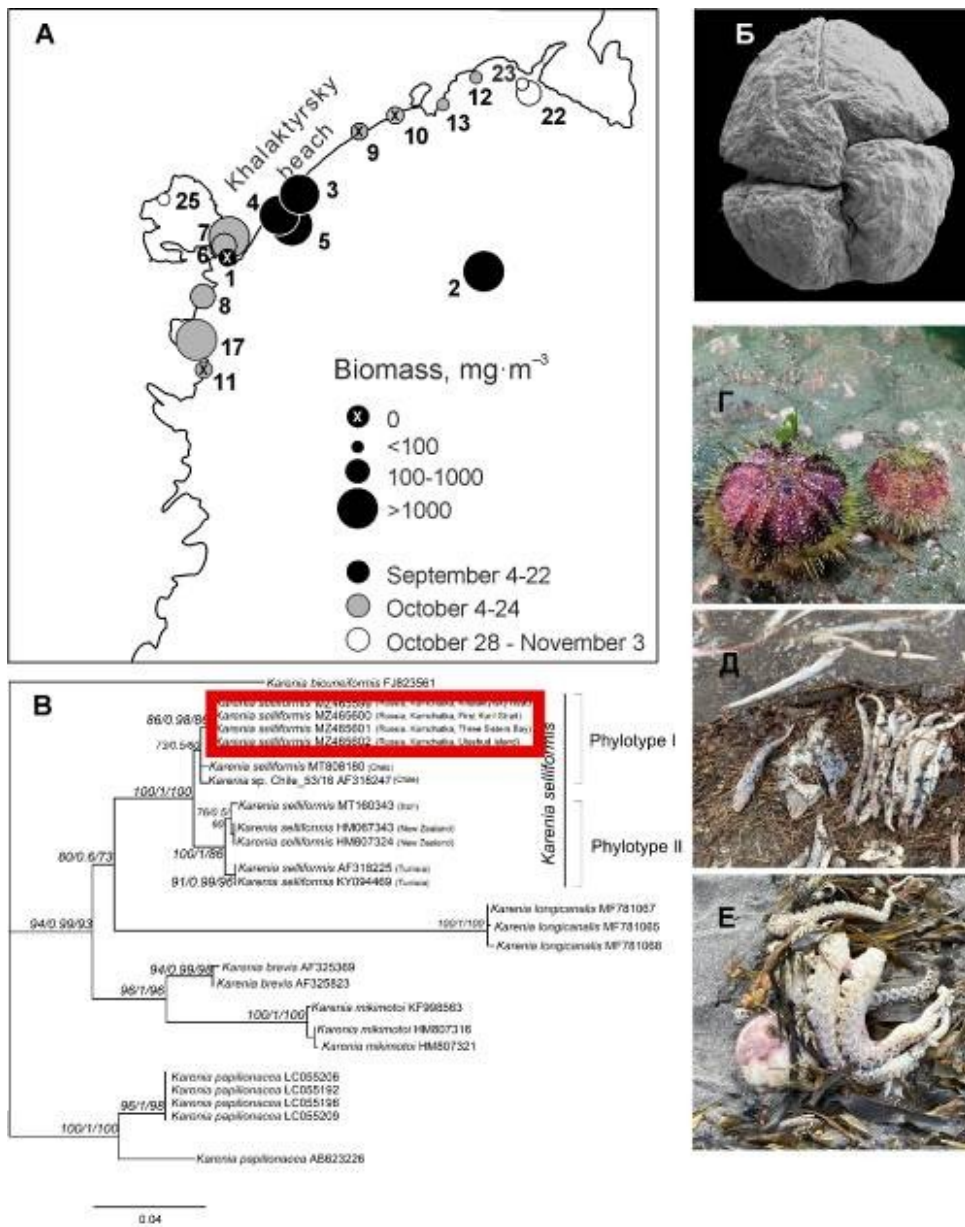


Рис. 105. Исследование Вредоносного цветения водорослей

## Физиологические науки

### Состояние и прогноз развития физиологических наук на 2023-25 гг.

Анализ публикаций в области физиологии и отчетов РАН и ВУЗов за 2022 год позволяет уверенно говорить о продолжающемся переходе во всех областях физиологии к исследованиям на молекулярно-клеточном уровне с применением всего арсенала генетики для изучения роли эпигенетических изменений функционирования генома в долговременных модификациях физиологических процессов в норме, при развитии патологий.

В ответ на вызовы, поставленные перед обществом короновирусной пандемией, третий год подряд резко увеличилось количество и качество исследований в этой области, в том числе появилось большое количество результатов в области отдаленных последствий вирусных заболеваний на мозг, проведено большое количество тематических заседаний, конференций на всех уровнях, включая заседания Президиума РАН.

Разработана новая технология лечения дыхательной недостаточности у больных, перенесших тяжелые формы COVID-19. Метод основан на изучении патогенетического механизма постковидного поражения легких, который формируется за счет нарушения синтеза эндогенных веществ (сурфактантов), несущих рецепторы S-белка SARS-CoV-2. В результате в легких формируются множественные поражения, которые резко ограничивают газообменную поверхность и приводят к длительной дыхательной недостаточности. Применение новой технологии лечения приводит к существенному снижению потребности в кислороде (**Федеральный научно-клинический центр ФМБА России**).

Примером работы, основанной на знании молекулярных и генетических механизмов исследуемого явления может служить исследование молекулярных механизмов токсического действия олигомеров бета-амилоида 25-35, образующегося при нейродегенеративных процессах в мозге. В экспериментах показано, что бета-амилоид 25-35 вызывает в нервных клетках активацию синтеза свободного радикала оксида азота и сдвиг киназно-фосфатазного баланса, приводящие к значительному подавлению пластичности нейронных сетей. Полученные данные о предотвращении токсических эффектов бета-амилоида 25-35 путем блокады стресс-индуцируемой фосфатазы 1 и митохондриального натрий-кальциевого обменника открывают новые пути компенсации нейродегенеративных процессов (**ИВНД и НФ РАН и ИТЭБ РАН**).

Впервые у бактерий выявлены группы генов, участвующие в биосинтезе вторичных метаболитов. В геномах штаммов ICIS 9 и ICIS 99 идентифицированы уникальные локусы, кодирующие продукцию антибактериального протеина – сактипептида, что открывает возможность их использования в качестве пробиотиков и продуцентов антимикробных соединений (**ИКВС УрО РАН**).

Экспериментально и с применением математического моделирования показано, что травматические повреждения сосудов, инициирующие гемостаз, создают условия высокой скорости потока крови, причем относительное гидродинамическое сопротивление сосуда и раны объясняет уменьшение скорости потока с увеличением размера повреждения (**ЦТП ФХФ РАН**).

В области фармакологии созданы новые химические соединения, обладающие способностью увеличивать физическую работоспособность позвоночных животных, восстанавливать физическую работоспособность после острого утомления. В ФГБНУ «НИИ фармакологии имени В.В. Закусова» в течение ряда лет разрабатывается приоритетная стратегия создания низкомолекулярных миметиков нейротрофических факторов. Обнаружены новые соединения, которые обладают выраженной

антидиабетической активностью: снижает уровень глюкозы в крови, нормализует массу тела, устраняет жажду, что определяет перспективность разработки нового инновационного антидиабетического средства.

Разработан новый подход для ПЭТ-диагностики и прогноза развития лекарственного паркинсонизма, который является одним из распространённых побочных действий фармакологического лечения психических расстройств. Потенциальный нейрометаболический маркер лекарственного паркинсонизма предложен на основе параметров энергетического метаболизма мозга человека по данным позитронно-эмиссионной томографии **(ИМЧ РАН)**.

Получено клиническое подтверждение гипотезы об аддитивности действий высокого уровня опухоль-ассоциированных нейтрофилов и применения пролонгированной формы гранулоцитарно-колониестимулирующих факторов (эмпэгфилграстим) при терапии раннего рака молочной железы. **(ГБУЗ МКНЦ имени А.С. Логинова ДЗМ)**

Выяснение молекулярных и клеточных механизмов функционирования всей системы, а не только отдельно взятых молекул или клеток органа и ткани, является основной задачей интегративной физиологии, роль которой в последние годы резко усилилась. В 2022 году активно работают Научные центры мирового уровня (НЦМУ), активно развивающие интегративный подход в физиологии и нейрофизиологии на основе молекулярно-биологических и генетических подходов. В рамках НЦМУ «Павловский центр "Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» консорциумом из нескольких учреждений науки и образования показан положительный эффект курса электростимуляции мышц нижних конечностей на ходьбу и равновесие пациентов пожилого и преклонного возраста ( $73,8 \pm 7,0$  лет) с дефицитом двигательной нагрузки. **(ГНЦ РФ ИМБП РАН, ИФ РАН)**.

Разработана отечественная технология выделения и наращивания опухоль инфильтрирующих лимфоцитов для терапии злокачественных новообразований, позволяющая получать не менее 1 млрд. жизнеспособных Т-лимфоцитов не позднее 6 недель с момента взятия биологического материала опухоли от пациента. На сегодняшний день такая терапия является наиболее многообещающим методом лечения резистентных к иммунотерапии опухолей, в первую очередь, меланомы. **(Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический))**.

Разработана и опробована инновационная стратегия борьбы с опухолями мозга - 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 (аптамер) в комбинации с молекулами-индукторами, управляющими каскадами нейрогенеза. При временном торможении деления опухолевых клеток после воздействия аптамера, молекулы-индукторы способны направить дифференцировку клеток опухоли в зрелое состояние, прекращая пролиферацию по опухолевому типу. 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. **(ИВНД И НФ РАН, НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко)**

Основные новые направления физиологии зрения, слуха, обоняния и др. 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

### Физиология

#### 1. Молекулярные механизмы токсического действия бета-амилоида 25-35 открывают новые пути компенсации нейродегенерации.

В экспериментах на срезах мозга позвоночных показано, что олигомеры бета-амилоида 25-35, образующиеся при нейродегенеративных процессах в мозге, вызывают активацию синтеза свободного радикала оксида азота и сдвиг киназно-фосфатазного баланса, приводящие к значительному подавлению пластичности нейронных сетей. (Рис. 106).

Полученные данные о предотвращении токсических эффектов бета-амилоида 25-35 путем блокады стресс-индуцируемой фосфатазы 1 и митохондриального натрий-кальциевого обменника открывают новые пути компенсации нейродегенеративных процессов.

(ИВНД и НФ РАН и ИТЭБ РАН; авторы: к.б.н. Мальцев А.В., к.б.н. Никифорова А.Б., к.б.н. Баль Н.В., академик РАН Балабан П.М.)

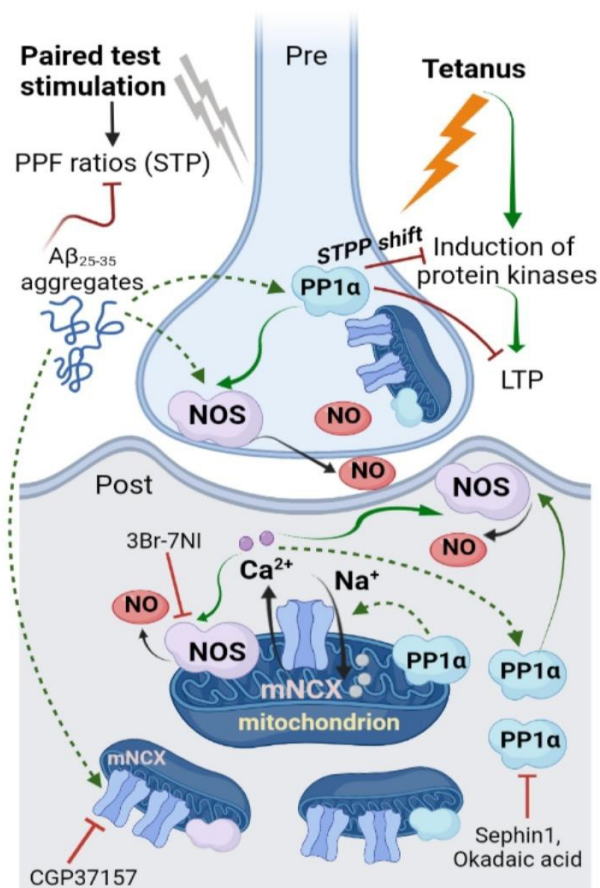


Рис. 106. Предполагаемая схема событий в синапсе при действии агрегатов Aβ25-35

#### 2. Реактивация латентных внутриклеточных инфекций человека в условиях годовой экспедиции на российской антарктической станции «Восток» (Рис. 107)

Изучено влияние комплекса факторов подготовки экспедиции и долгосрочного пребывания на антарктической станции «Восток» на реактивацию латентных внутриклеточных инфекций (герпесвирусов-

вирусов простого герпеса (ВПГ), вируса герпеса человека (ВГЧ) Варицеллы Зостер (ВЗВ), вируса Эпштейна-Барр (ВЭБ), бактерий *Mycoplasma hominis*, *Ureaplasma urealiticum* и *Chlamidia trachomatis*. Выявлено, что уже на этапе подготовки у 8 из 11 членов экспедиции наблюдалось выделение в слюне ДНК хотя бы одного герпесвируса. Годовое пребывание на станции приводит к реактивации ВЭБ, ВГЧ-6 и (ВПГ-1 2-х типов). Реактивация ВГЧ-6 характеризуется возрастающей динамикой, достигая своего максимума на завершающих этапах экспедиции. Реактивация ВЭБ характеризуется 2-фазной кривой, при этом пики реактивации коррелируют с периодами максимального понижения температур до  $-82^{\circ}\text{C}$  и периодами повышенной геомагнитной активности. Почти у всех полярников были обнаружены высокие уровни специфических антител к ВПГ-1 и ЦМВ, а у некоторых - к ВЗВ, ВПГ-2 и исследованным бактериальным инфекциям.

Условия антарктической экспедиции приводят к реактивации латентных внутриклеточных инфекций. Отмечаются признаки функционального истощения В-клеточного звена иммунитета, ответственного за гуморальный ответ против ВЭБ, ВПГ-1,2 и ВГЧ-6. (ГНЦ РФ ИМБП РАН; авторы: д.ф.м.н. Шульгина С.М., д.м.н. Рыкова М. П., к.б.н. Антропова Е. Н., к.б.н. Шмаров В. А., Кутько О. В., Орлова К. Д., Власова Д. Д., Садова А. А., к.б.н. Лысенко Е.А., Жирова Э.А., к.м.н. Пономарёв С. А.)

*Публикация:*

Шульгина С.М. Реактивация латентных внутриклеточных инфекций человека в условиях годовой экспедиции на российской антарктической станции «Восток» // XX Конференция молодых ученых, специалистов и студентов с международным участием, посвященная 165-летию со дня рождения К.Э. Циолковского: сборник материалов. Москва, 2022. С 45-46.



**ГНЦ РФ-ИМБП РАН**  
**Реактивация латентных внутриклеточных инфекций человека в условиях годовой экспедиции на российской антарктической станции «Восток»**

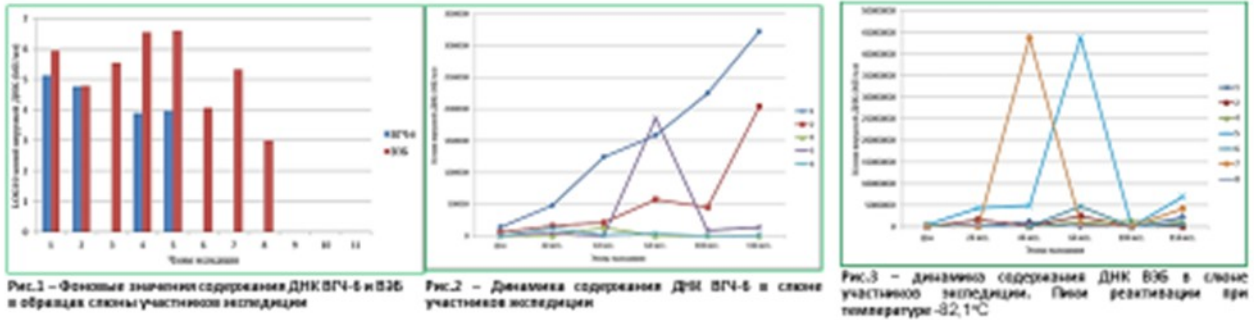
*Шульгина С.М., Рыкова М.П., Антропова Е.Н., Шмаров В.А., Кутыко О.В., Орлова К.Д., Власова Д.Д., Садова А.А., Лысенко Е.А., Жирова Э.А., Пономарев С.А., Пономарев С.А. - тел.: (499)195-63-89, e-mail: ponomarev@imbr.ru*

**Изучали** влияние комплекса факторов, ассоциированных с долгосрочным пребыванием человека в условиях Российской антарктической станции «Восток», на реактивацию латентных внутриклеточных инфекций у 11 участников экспедиции (2019 год).

**Объекты изучения - Вирусы сем. Herpesviridae:** Вирус простого герпеса-1,2 (ВПГ), Вирус Эпштейна-Барр (ВЭБ), Вирус Варицелла Зостер (ВЗВ), Цитомегаловирус (ЦМВ), Вирус герпеса человека (ВГЧ)-6, ВГЧ-8.

**Бактерии:** *Mycoplasma hominis*, *Ureaplasma urealyticum*, *Chlamidia trachomatis*

**Показано**, что уже на этапе предэкспедиционной подготовки у 8 из 11 членов экспедиции наблюдалось выделение в слюне ДНК хотя бы одного герпесвируса (рис. 1).



Годовое пребывание на полярной станции приводит к реактивации ВЭБ, ВГЧ-6 и (ВПГ-1 и 2 типов) у некоторых участников экспедиции (рис.2). В отличие от ВГЧ-6, ВЭБ характеризуется преимущественно 2-фазной кривой реактивации, при этом пики реактивации хорошо коррелируют с периодами максимального понижения температур вплоть до -82,1°C и периодами повышенной геомагнитной активности (рис. 3).

**Заключение**

Условия антарктической экспедиции приводят к реактивации ряда латентных внутриклеточных инфекций вирусной природы. В ходе исследования отмечаются признаки функционального истощения В-клеточного звена иммунной системы, ответственного за гуморальный ответ против ВЭБ, ВПГ-1,2 и ВГЧ-6.

Работа выполнена в рамках темы 65.1 ФНИ РАН

Публикация: Шульгина С.М. Реактивация латентных внутриклеточных инфекций человека в условиях годовой экспедиции на российской антарктической станции «Восток» // XX Конференция молодых ученых, специальная и студенческая международная конференции, посвященная 125-летию со дня рождения К.Э. Циолковского: сборник материалов. Москва, 2022. С.45-46.

Рис. 107

**3. Травматические повреждения сосудов, инициирующие гемостаз, создают условия высокого сдвига.**

Впервые показано, что различные типы повреждений в малых и крупных сосудах мыши и человека приводят к высоким скоростям сдвига и удлиненным потокам. Относительное гидродинамическое сопротивление сосуда и раны объясняет уменьшение скорости сдвига с увеличением размера повреждения.

(ЦТП ФХФ РАН; авторы академик РАН Атауллаханов Ф.И., член-корреспондент РАН Пантелеев М.А.)

Результаты исследования опубликованы в журнале Blood Advances (Рис. 108).

*Публикации:*

Yakusheva AA, Butov KR, Bykov GA, Závodszy G, Eckly A, Ataulakhanov FI, Gachet C, Pantelev MA, Mangin PH. Traumatic vessel injuries initiating hemostasis generate high shear conditions. Blood Adv. 2022 Aug 23;6(16):4834-4846. doi: 10.1182/bloodadvances.2022007550. PMID: 35728058

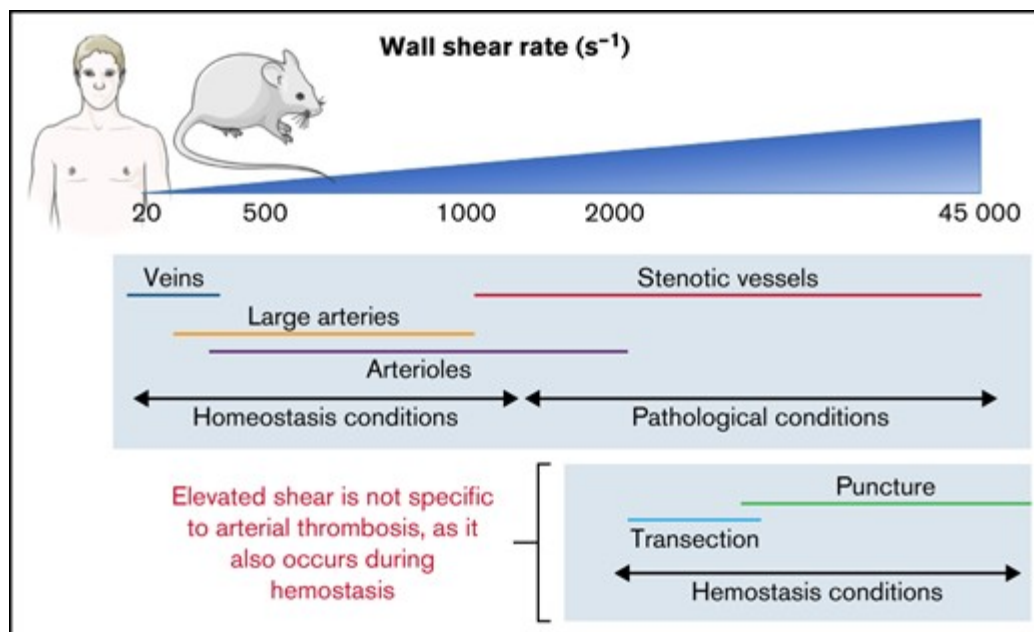


Рис. 108. Различные типы повреждений в малых и крупных сосудах мыши и человека приводят к высокой скорости сдвига и удлинению потоков. Относительное гидродинамическое сопротивление сосуда и раны объясняет снижение скорости сдвига с увеличением размера повреждения.

#### 4. Иммуноterapia против маринобуфагенина как новый подход для предотвращения фиброза сосудов при хронической почечной недостаточности.

Хроническая почечная недостаточность (ХПН) – терминальная стадия медленно прогрессирующего нарушения выделительной функции почек, сопровождающаяся риском развития сердечно-сосудистых осложнений, в том числе фиброзом тканей сердца и сосудов. Применение «традиционных» антигипертензивных препаратов при ХПН ограничено, поэтому в настоящее время ведутся интенсивные разработки новых терапевтических стратегий для облегчения тяжести этого заболевания. Ранее было показано, что одним из факторов развития ХПН является избыточный синтез одного из кардиотонических стероидов - маринобуфагенина (МБГ). Поэтому новым и относительно безопасным подходом к терапии ХПН может быть иммуноterapia антителами к МБГ (аМБГ). В работе была проанализирована возможность применения аМБГ для облегчения симптомов ХПН и предотвращения процессов развития фиброза кровеносных сосудов в модельных экспериментах на крысах. Было показано, что ХПН, индуцированная нефрэктомией, привела к повышению артериального давления и развитию сосудистого и сердечного фиброза, в основе которого лежат подавление экспрессии транскрипционного фактора *Flil*, увеличение экспрессии про-коллагена-I и избыточный синтез коллагена-I. Введение животным антител к МБГ не только снижало артериальное давление, но и частично восстанавливало уровень *Flil* и коллагена, т.е. предотвращало про-фибротические процессы в тканях сердечно-сосудистой системы (Рис. 109).

Полученные данные могут быть одной из эффективных терапевтических стратегий для облегчения состояния пациентов с ХПН и замедления процессов развития фиброза в тканях сердечно-сосудистой системы.

(ИЭФБ РАН; авторы: Багров А.Я., к.б.н. Агалакова Н.И., д.б.н. Романова И.В., к.б.н. Михайлова Е.В., Надей О.В., Ершов И.А.)

Публикации:

Agalakova N.I., Grigороva Y.N., Ershov I.A., Reznik V.A., Mikhailova E.V., Nadei O.V., Samuilovskaya L., Romanova L.A., Adair C.D., Romanova I.V., Bagrov A.Y. Canrenone Restores Vasorelaxation Impaired by Marinobufagenin in Human Preeclampsia. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23(6):3336. doi: 10.3390/ijms23063336.

Agalakova N.I., Reznik V.A., Ershov I.A., Lupanova E.A., Nadei O.V., Ivanov D.O., Adair C.D., Bagrov A.Y. Silencing of Fli1 Gene Mimics Effects of Preeclampsia and Induces Collagen Synthesis in Human Umbilical Arteries. *Am. J. Hypertens.* 2022, 35(9):828-832. doi: 10.1093/ajh/hpac065.



Рис. 109. Введение антител к МБГ крысам с ХПН восстанавливает нормальный уровень артериального давления и снижает степень развития фиброза сердца и сосудов

5. Гиперцитокинемия препятствует спонтанному восстановлению дыхания в постгипоксическом периоде. Установлено, что при повышении системного уровня ключевых провоспалительных цитокинов ИЛ-1 $\beta$ , ФНО- $\alpha$  и ИЛ-6 острая нарастающая гипоксия приводит к необратимой остановке дыхания. Выживаемость в постгипоксическом периоде в контрольном эксперименте составляет 100%, при действии ИЛ-1 $\beta$  и ФНО- $\alpha$  - 50 %, при действии ИЛ-6 - только 10%. Невозможность восстановления дыхания после снятия гипоксической нагрузки на фоне действия ИЛ-1 $\beta$  и ФНО- $\alpha$  может быть связана с дисфункцией рефлекторных механизмов регуляции дыхания, о чем свидетельствует ослабление вентиляционного ответа на гипоксию: снижение гипоксических приростов инспираторных колебаний внутригрудного давления, дыхательного объема и вентиляции легких. При повышении системного уровня ИЛ-6 компенсаторный ответ на гипоксию не ослабевает. Сделан вывод о многофакторном механизме летального действия острой гипоксии при гиперцитокинемии (Рис. 110). (ИФ РАН; авторы: д.б.н. Донина Ж.А., к.б.н. Баранова Е.В., д.б.н. Александрова Н.П.)



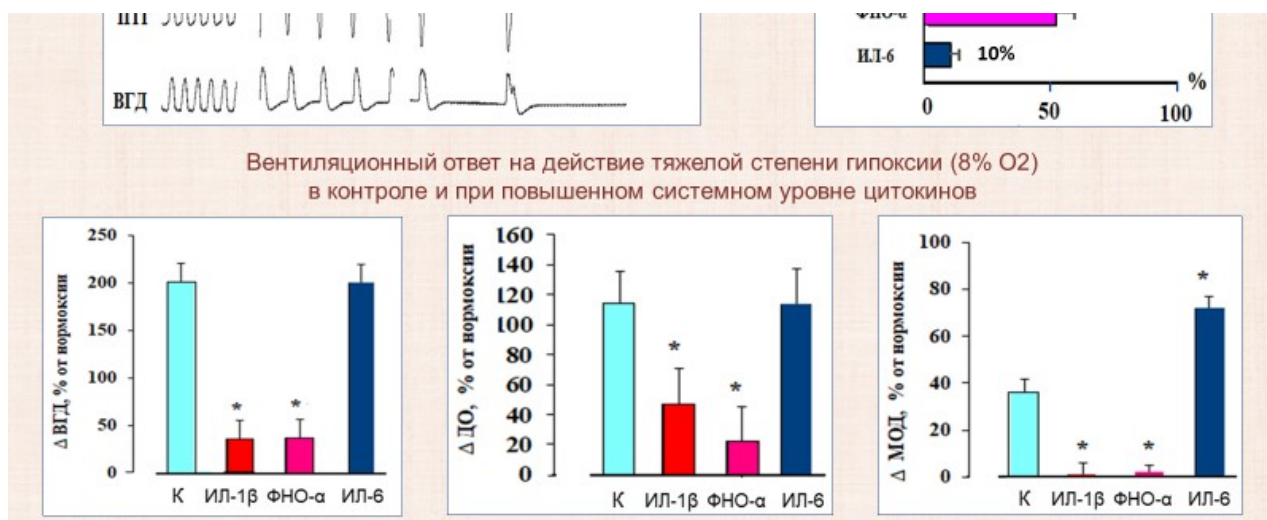


Рис. 110. Компенсаторный ответ системы внешнего дыхания и выживаемость при тяжелой степени острой гипоксии в условиях повышенного системного уровня провоспалительных цитокинов ИЛ-1β, ФНО-α и ИЛ-6. Обозначения: ДО – дыхательный объем, МОД- минутный объем дыхания, ВГД – амплитуда инспираторных колебаний внутригрудного давления. Контроль – внутривенное введение физиологического раствора. \* - достоверные отличия от контрольной величины.

*Публикации:*

Александрова Н.П. Механизмы влияния цитокинового шторма на функцию внешнего дыхания. Успехи физиологических наук. 2022. 53 (3): 3-14. DOI: 10.31857/S0301179822030043 (IF=1,048), Scopus, RSCI

Donina Zh. A. Causes of Hypoxemia in COVID-19. Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. 2022. V. 58, №1, P. 73–80. DOI: 10.1134/S0022093022010070 (IF=1,621) WOS, Q4

Баранова Е.В., Донина Ж.А. Изменения инспираторного усилия при тяжелой гипоксии на фоне действия интерлейкина-6 и фактора некроза опухолей. Интегративная физиология, 2022, Т3, №3 РИНЦ

**6. Сахарный диабет (СД)** – широко распространённое социально-значимое заболевание, обусловленное гибелью или снижением функциональной активности β-клеток поджелудочной железы. Инсулин-продуцирующие клетки (ИПК), помимо островков Лангерганса, встречаются в ацинарной части поджелудочной железы (

). При СД2 эти клетки меньше подвержены разрушению и дисфункции по сравнению с островковыми ИПК. Введение противовоспалительного препарата аминофталгидразида натрия (АФГ натрия) крысам с диабетом повышает количество внеостровковых ИПК, что сопровождается снижением гликемии. Таким образом, была показана возможность использования противовоспалительных средств для терапии диабета и его осложнений.

Одним из частых осложнений диабета является ишемическая болезнь сердца и диабетическая кардиомиопатия. В условиях СД1 происходит изменение механической функции одиночных кардиомиоцитов, а именно подавляется сократительная способность кардиомиоцитов из левого и правого

желудочка сердца, тогда как сократительная функция кардиомиоцитов из межжелудочковой перегородки в основном сохраняется (Рис. 112).

Таким образом, выявлены мишени фармакологического воздействия при разработке терапевтических средств в ходе развития осложнений сердца при СД.

**(ИИФ УРО РАН;** авторы: Соколова К.В. к.ф.-м.н. Хохлова А.Д., к.б.н. Гетте И.Ф., д.б.н. Данилова И.Г., Мячина Т.А., Волжанинов Д.А., Бутова К.А., Кочурова А.М., д.ф.-м.н. Соловьева О.Э., к.б.н. Копылова Г.В., к.б.н. Щепкин Д.В.)

*Публикации:*

Musa T. Abidov, Ksenia V. Sokolova, Irina F. Gette, Irina G. Danilova Accelerated Generation of Extra-Islet Insulin-Producing Cells in Diabetic Rats, Treated with Sodium Phthalhydrazide // International Journal of Molecular Sciences 2022, 23(8), 4286; <https://doi.org/10.3390/ijms23084286> (WoS, Q1, IF=6.208)

Khokhlova A, Myachina T, Volzhaninov D, Butova X, Kochurova A, Berg V, Gette I, Moroz G, Klinova S, Minigalieva I, Solovyova O, Danilova I, Sokolova K, Kopylova G, Shchepkin D. Type 1 Diabetes Impairs Cardiomyocyte Contractility in the Left and Right Ventricular Free Walls but Preserves It in the Interventricular Septum // International Journal of Molecular Sciences 2022 Feb 2;23(3):1719. doi: 10.3390/ijms23031719. (WoS, Q1, IF=6.208)

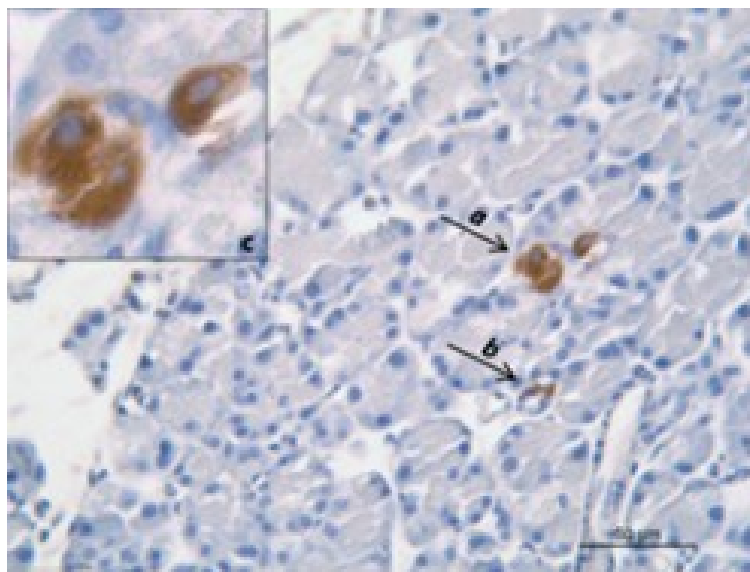


Рис. 111. Иммуногистохимическое окрашивание среза поджелудочной железы с использованием антител к проинсулину и инсулину. а – ИПК в ацинусе железы; б – ИПК в протоке железы; с – увеличенный фрагмент.

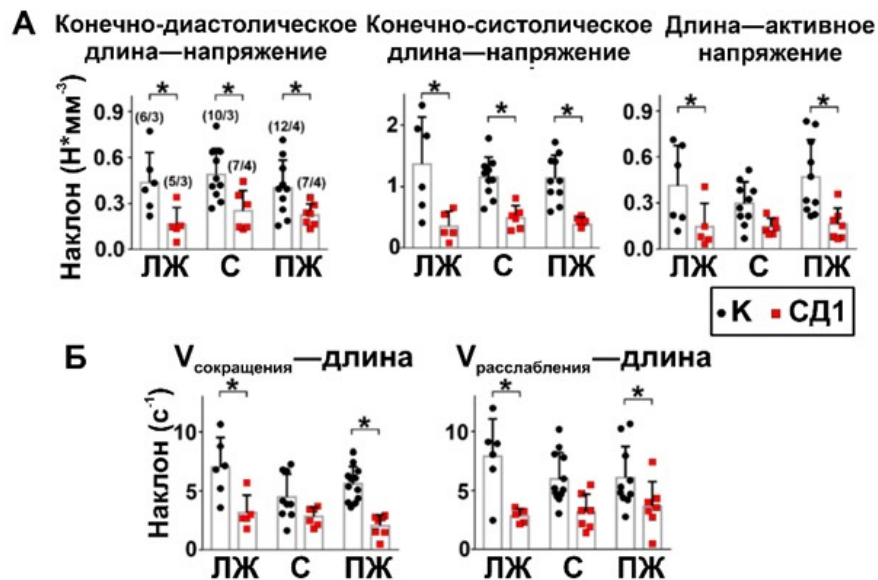


Рис. 112. Влияние СД1 на отношения «длина клетки–напряжение» (А) и «длина клетки–скорость» (Б) в ауksотонически сокращающихся одиночных кардиомиоцитах левого и правого желудочков, а также межжелудочковой перегородки.

7. В результате сравнительного исследования геномов четырех вагинальных штаммов *Corynebacterium amycolatum* обнаружен набор генов устойчивости к кислотному и окислительному стрессу, обеспечивающих адаптацию к условиям биотопа, и установлено отсутствие генов истинной вирулентности.

Впервые у коринебактерий выявлены кластеры генов, участвующие в биосинтезе вторичных метаболитов, включая ТЗrks (поликетидсинтазы III типа), Nrps (нерибосомный пептид), Nrps-подобные метаболиты и терпены. В геномах штаммов ICIS 9 и ICIS 99 идентифицированы уникальные локусы, кодирующие продукцию антибактериального протеина – сактипептида. С использованием газовой хромато-масс-спектрометрии в метаболитах штамма *C. amycolatum* ICIS 53 (ВКМ Ac-2844D) определены азотсодержащие гетероциклические соединения: 2,5-дикетопиперазин и 2-пирролидон, обладающие антибактериальной и антигрибковой активностью (Рис. 113). Эффективность противомикробного действия штаммов *C. amycolatum* ICIS 9 и ICIS 53 доказана в экспериментах *in vitro*.

Полученные результаты подтверждают безопасность исследованных штаммов *C. amycolatum* и перспективу их использования в качестве пробиотиков и продуцентов антимикробных соединений. (ИКВС УРО РАН; авторы: к.м.н. Гладышева И.В., чл.-кор. РАН Черкасов С.В., д.т.н. Хлопко Ю.А., Катаев В.Я., к.х.н. Строганова Е.А., к.м.н. Плотников А.О., к.м.н. Чертков К.Л., к.м.н. Валышев А.В.)

Публикации:

Gladysheva IV, Cherkasov SV, Khlopko YA, Plotnikov AO. Genome Characterization and Probiotic Potential of *Corynebacterium amycolatum* Human Vaginal Isolates. *Microorganisms*. 2022; 10(2): 249. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020249> (Web of Science, Q2)

Gladysheva IV, Khlopko YA, Cherkasov SV, Kataev VYa. Genome sequence of *Corynebacterium amycolatum* ICIS 99 isolated from human vagina reveals safety and beneficial properties. *Arch Microbiol*, 2022 Mar 29;204(4):226. doi: 10.1007/s00203-022-02852-7 (Web of Science, Q4)

Gladysheva I.V., Chertkov K.L., Cherkasov S.V., Khlopko Y.A., Kataev V.Y., Valyshev A.V. Probiotic Potential, Safety Properties, and Antifungal Activities of *Corynebacterium amycolatum* ICIS 9 and

*Corynebacterium amycolatum* ICIS 53 Strains. Probiotics Antimicrob. Proteins. 2021. Nov 22. doi: 10.1007/s12602-021-09876-3. (Web of Science, Q2)

Гладышева И.В., Строганова Е.А., Черкасов С.В. Средство для продуцирования органических соединений, обладающих антибактериальной и антигрибковой активностью. Патент РФ 2774192 от 16.06.2022, Бюл. № 17.

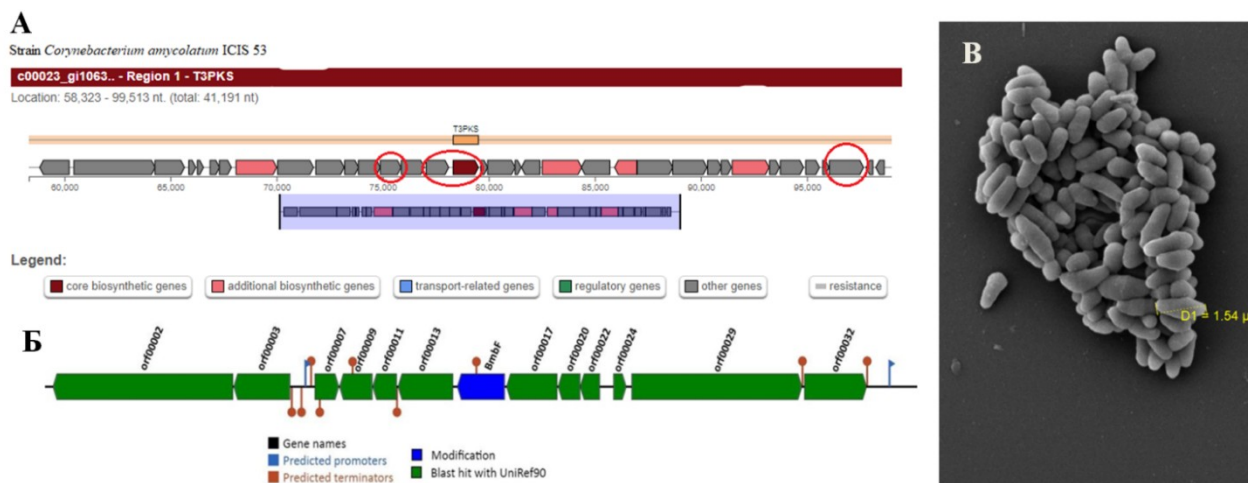


Рис. 113. Предполагаемый кластер биосинтетических генов Т3rks (поликетидсинтазы III типа) в *C. amycolatum* ICIS 53 (А). Предполагаемый кластер биосинтетических генов сактипептидов, предсказанные в геноме *C. amycolatum* ICIS 9 (Б), *C. amycolatum* ICIS 53 (СЭМ) (В).

**8. Установлен новый физиологический NO-зависимый механизм регуляции уровня молочной кислоты (лактата) при максимальных аэробных нагрузках**, реализующийся у элитных спортсменов с наивысшими спортивными результатами. Показано, что для лыжников-гонщиков характерны наибольшие показатели максимального потребления кислорода при физической нагрузке среди всех исследованных групп спортсменов. Показатели свободнорадикального процесса являются перспективными маркерами оценки функционального состояния и выносливости высококвалифицированных спортсменов зимних циклических видов спорта в динамике микроцикла при интенсивных физических нагрузках (Рис. 114). (ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; авторы: к.б.н. Паршукова О.И., к.б.н. Вахнина Н.А., д.м.н. Бойко Е.Р.)

Публикации:

Parshukova O.I.; Varlamova N.G.; Potolitsyna N.N.; Lyudinina A.Y.; Wojko E.R. Features of metabolic support of physical performance in highly trained cross-country skiers of different qualifications during physical activity at maximum load // Cells.- 2022, 11, 39. <https://doi.org/10.3390/cells11010039> (WoS Q2).

Паршукова О.И., Варламова Н.Г., Потолитына Н.Н., Бойко Е.Р. Особенности метаболического обеспечения физической работоспособности у высококвалифицированных лыжников-гонщиков разной спортивной квалификации при физической нагрузке максимальной мощности / В сборнике: Актуальные вопросы подготовки лыжников-гонщиков высокой квалификации. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции тренеров по лыжным гонкам (Россия, г. Сочи, сентябрь 2022 г.). Под редакцией А.В. Гурского. Смоленск. - 2022. - С. 147-153

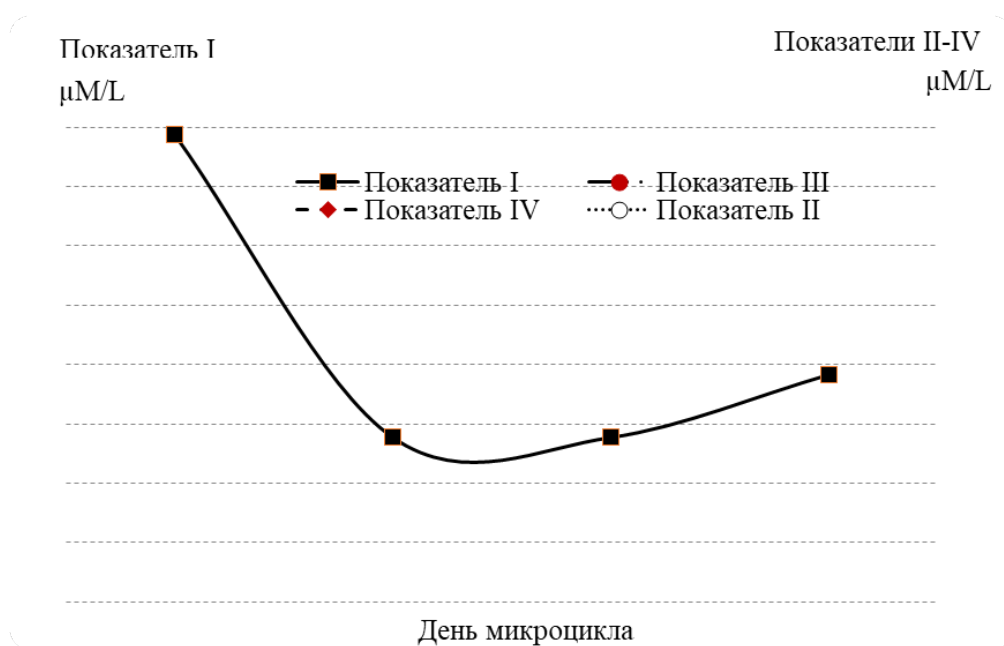


Рис. 114. Динамика показателей процесса свободнорадикального окисления в крови серебряного призера олимпийских игр во время микроцикла «олимпийская неделя» при подготовке к XXIV Зимним Олимпийским играм (2022, Пекин).

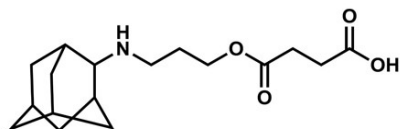
### Фармакология

1. Сконструированы, синтезированы и фармакологически изучены препараты, повышающие адаптацию к экстремальным изменениям температурных режимов АДК-1017, восстанавливающие физическую работоспособность после острого утомления АЛМ-802. Результаты могут быть использованы в рамках двойных технологий. (НИИ фармакологии имени В.В. Закусова; авторы: д.м.н. Крыжановский С.А., к.м.н. Столярук В.Н., к.б.н. Вититнова М.Б., д.б.н. Цорин И.Б., Барчуков В.В., Качалов К.С., Захаров А.Д., к.х.н. Мокров Г.В., к.х.н. Авдюнина Н.И., д.фарм.н. Грушевская Л.Н., к.фарм.н. Сергеева М.С., к.фарм.н. Минаев С.В., академик РАН Середенин С.Б.)

АДК-1017 – препарат, обладающий актопротекторной (термопротекторной) активностью.

В ФГБНУ «НИИ фармакологии имени В.В. Закусова» сконструировано и синтезировано соединение АДК-1017, производное адамантана (Рис. 115). В условиях гипертермии, при повышении температуры в термокамере до +40°C, у контрольных животных величина пройденной дистанции в тесте принужденного бега уменьшалась на 30% по сравнению с нормотермией. АДК-1017 на 85% увеличивал физическую работоспособность животных в сравнении с контрольной группой. АДК-1017 превосходил препарат ладастен, эффективность которого составила лишь 27%

### Структура молекулы АДК-1017



### Влияние АДК-1017 на физическую работоспособность животных в условиях нормотермии и гипертермии

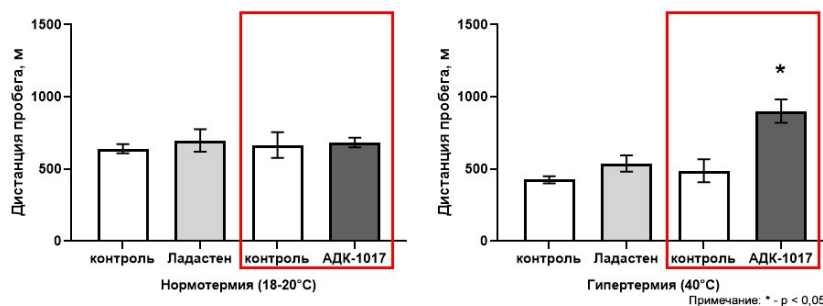
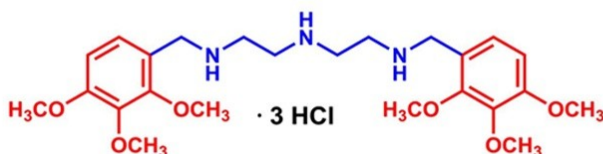


Рис. 115

Патент РФ № 2784543 от 28.11.2022 - Крыжановский С.А., Качалов К.С., Захаров А.Д., Столярук В.Н., Вититнова М.Б., Цорин И.Б., Авдюнина Н.И., Грушевская Л.Н., Сергеева М.С., Минаев С.В., Дурнев А.Д., Середенин С.Б. «Моноадамант-2-иламинопропиловый эфир янтарной кислоты, обладающий актопротекторной (термопротекторной) активностью».

АЛМ-802, обладает способностью восстанавливать физическую работоспособность после острого утомления. Показана способность препарата АЛМ-802 восстанавливать физическую работоспособность животных после острого утомления, которое достигалось за счет принудительного бега мышей по беговой дорожке (Рис. 116). На следующий день после острого утомления мыши, получавшие АЛМ-802, увеличивали дистанцию пробега на 68% по сравнению с контрольными животными. По данному показателю АЛМ-802 значительно превосходил препарат сравнения триметазидин, эффективность которого составила 20%.

### Структура молекулы АЛМ-802



### Влияние АЛМ-802 на физическую работоспособность животных после острого утомления

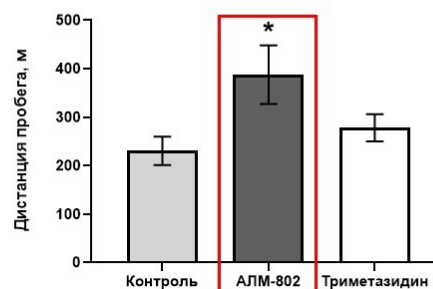


Рис. 116

Патент РФ № 2784542 от 28.11.2022 - Крыжановский С.А., Столярук В.Н., Вититнова М.Б., Цорин И.Б., Барчуков В.В., Мокров Г.В., Дурнев А.Д., Середенин С.Б. «Вещество, восстанавливающее физическую работоспособность после острого утомления».

2. Осуществлен синтез и доказаны антидиабетические свойства низкомолекулярного миметика фактора роста нервов (ГК-2).

В ФГБНУ «НИИ фармакологии имени В.В. Закусова» в течение ряда лет разрабатывается приоритетная стратегия создания низкомолекулярных миметиков нейротрофических факторов. Исходя из данных о дефиците фактора роста NGF при диабете и его необходимости для функционирования поджелудочной железы, оригинальный миметик NGF, соединение ГК-2 (гексаметилендиамид бис-(*N*-моносукцинил-*L*-глутамил-*L*-лизина)) изучен на моделях метаболического синдрома и сахарного диабета разной степени тяжести. Установлено, что ГК-2 обладает выраженной антидиабетической активностью: снижает уровень глюкозы в крови, нормализует массу тела, устраняет жажду (Рис. 117). Терапия ГК-2 способствует сохранению числа инсулин-продуцирующих клеток поджелудочной железы, снижает проявления оксидативного стресса и устраняет характерные для диабета нарушения структуры ДНК.

ГК-2 выгодно отличается от применяемых в настоящее время антидиабетических препаратов отсутствием побочных эффектов и эффективностью в условиях длительного перорального введения, что определяет перспективность разработки нового инновационного антидиабетического средства. Приоритет разработки подтвержден 2 патентами и 8 публикациями в отечественной и зарубежной научной прессе. (НИИ фармакологии имени В.В. Закусова; авторы: д.м.н. Островская Р.У., к.б.н. Иванов С.В., к.б.н. Ягубова С.С., чл.-кор. РАН Гудашева Т.А., академик РАН Середенин С.Б.)

*Публикации:*

Ivanov S.V., Ostrovskaya R.U., Kolyasnikova K.N., Alchinova I.B., Demorzhi M.S., Gudasheva T.A., Seredenin S.B. Low molecular weight NGF mimetic GK-2 normalizes the parameters of glucose and lipid metabolism and exhibits a hepatoprotective effect on a prediabetes model in obese Wistar rats // *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. – 2022. – Vol.49, N10. – P.1116–1125.

Патент РФ № 2613314 от 15.03.2017 – Середенин С.Б., Гудашева Т.А., Островская Р.У., Поварнина П.Ю., Озерова И.В. «Малые молекулы с NGF-подобной активностью, обладающие антидиабетическими свойствами».

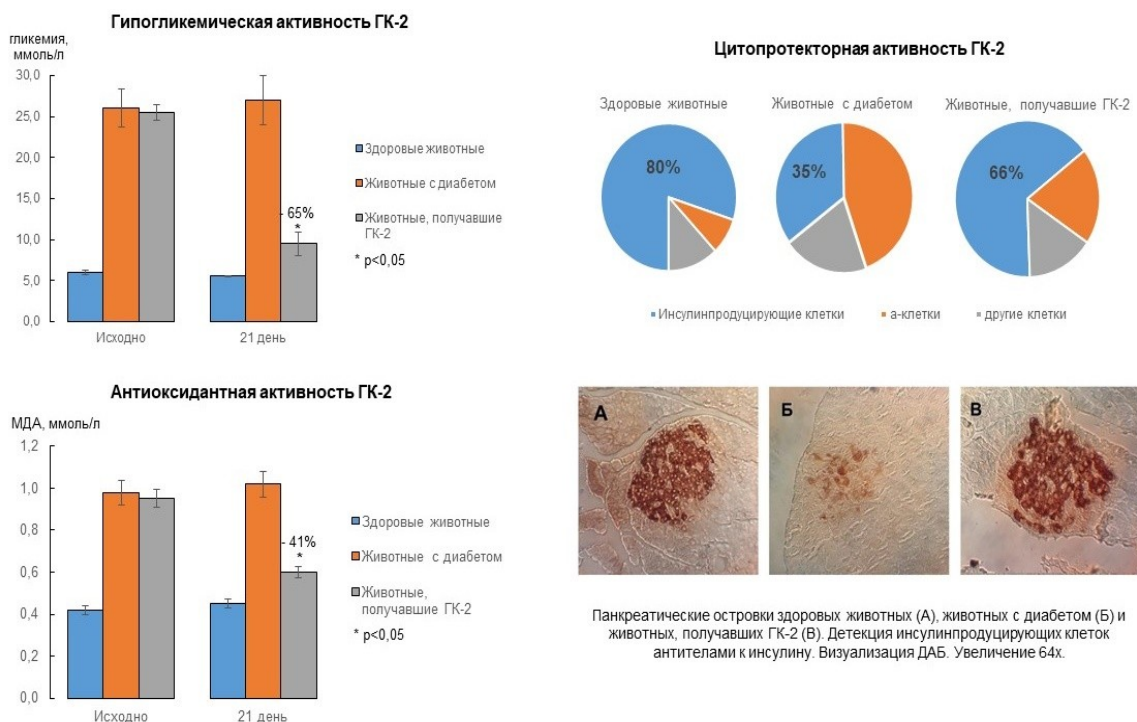


Рис. 117. Антидиабетическая активность соединения ГК-2

**3. Потенциальный нейрометаболический маркер лекарственного паркинсонизма на основе**

## параметров энергетического метаболизма мозга человека по данным позитронно-эмиссионной томографии

Лекарственный паркинсонизм является одним из распространённых побочных действий фармакологического лечения психических расстройств, в том числе психозов, которое может существенно затруднять лечение, снижая его эффективность. Однако, диагностические и прогностические критерии лекарственного паркинсонизма на сегодняшний день не разработаны, что во многом связано с недостаточным знанием о его патогенетических механизмах. Для преодоления данного ограничения, было проведено исследование по изучению энергетического метаболизма мозга человека с помощью позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) (Рис. 118), в котором были получены новые данные. Использование ковариационных статистических подходов к оценке изменений метаболизма глюкозы в мозге при лечении нейролептиками сопровождающемся и не сопровождающемся паркинсонической симптоматикой позволило определить, что экспрессия ПЭТ-паттерна, характерного для идиопатической болезни Паркинсона, может быть использована как нейромаркер лекарственного паркинсонизма.

Полученный результат открывает новые возможности для ПЭТ-диагностики и прогноза развития лекарственного паркинсонизма. (ИМЧ РАН; авторы: Котомин И.А., к.м.н. Коротков А.Д., д.б.н. Киреев М.В.)

*Публикация:*

Результаты будут опубликованы в журнале *Diagnostics* (WOS, IF 4.64). Ivan Kotomin, Alexander Korotkov, Mikhail Didur, Denis Cherednichenko and Maxim Kireev. Parkinson disease related brain metabolic pattern is expressed in schizophrenia patients during neuroleptic drug induced parkinsonism. *Diagnostics* 2022, 12, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>. В печати

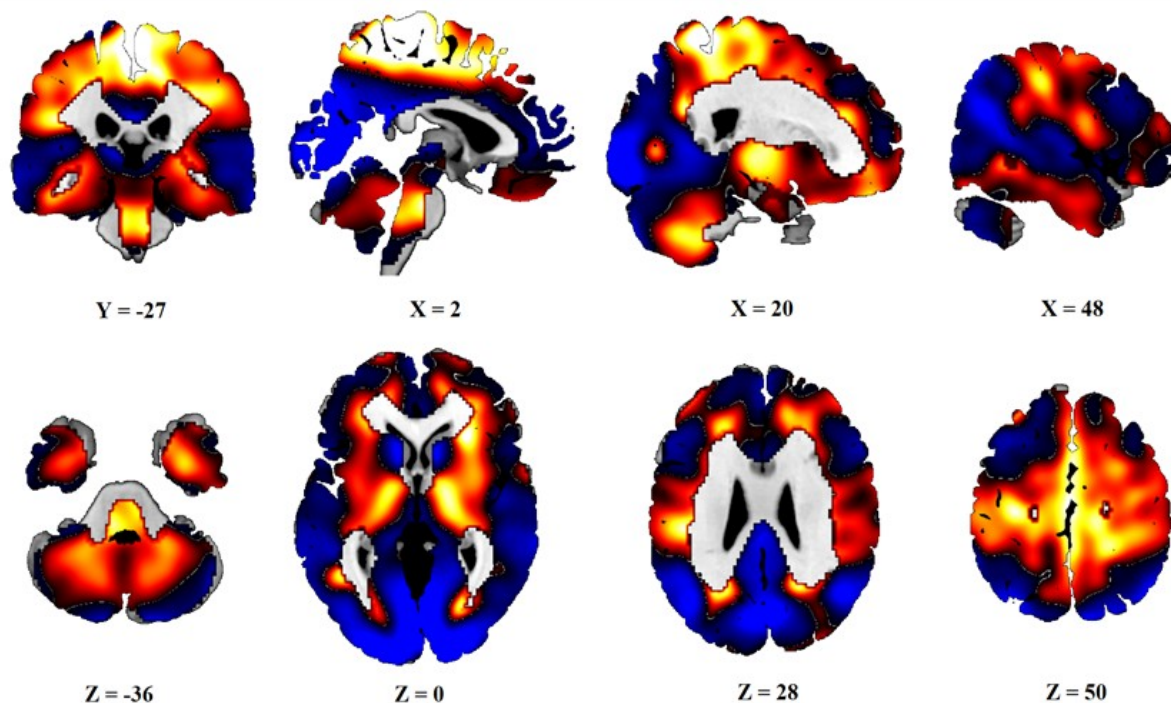


Рис. 118. Топография ПЭТ паттерна изменений метаболизма глюкозы, характерных для идиопатической болезни Паркинсона (синий цвет - снижение, красный - повышение), экспрессия которого также является потенциальным нейромаркером лекарственного паркинсонизма



## Клиническая физиология

### 1. Технология лечения дыхательной недостаточности у больных, перенесших тяжелые формы COVID-19.

Разработан метод лечения пациентов, перенесших двустороннюю полисегментарную вирусную пневмонию тяжелого течения в рамках COVID-19, у которых после выписки из инфекционного стационара сохраняется выраженная дыхательная недостаточность, требующая постоянной кислородной поддержки, без тенденции к уменьшению зависимости от кислорода. Метод основан на патогенетическом механизме постковидного поражения легких, который формируется за счет нарушения синтеза эндогенного сурфактанта альвеолоцитами II, несущими рецепторы АПФ 2, являющиеся лигандами S-белка SARS-CoV-2. В результате в легких формируются множественные ателектазы, которые резко ограничивают газообменную поверхность и приводят к длительной дыхательной недостаточности.

Авторы разработали технологию лечения, которая состоит из 2-х этапов: Сначала проводится расправление ателектазированных (спавшихся) зон легких путем применения сеансов неинвазивной (масочной) вентиляции легких (НИВЛ) в течение 30 мин. с давлением на выдохе 6-8 см вод. ст. Сразу после сеанса НИВЛ пациент ингалирует через небулайзер раствор препарата сурфактанта (Сурфактант-БЛ, производство «Биосурф», Россия) 75 мг, растворенного в 5 мл 0,9% натрия хлорида. Применение такого лечения трижды в день уже к 5-му дню приводит к существенному снижению потребности в кислороде в среднем на 45%, а к 14-му дню на 65% (Рис. 119).

(Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, соисполнитель: ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России; авторы: член-корреспондент РАН Аверьянов А. В.; Дивакова Т. И., Балионис О. И.)

*Публикация:*

Аверьянов А.В., Данилевская О.В. «Диффузные поражения легких после перенесенного COVID-19». Вестник РАН 2022, том 92, №7 стр. 671-677.

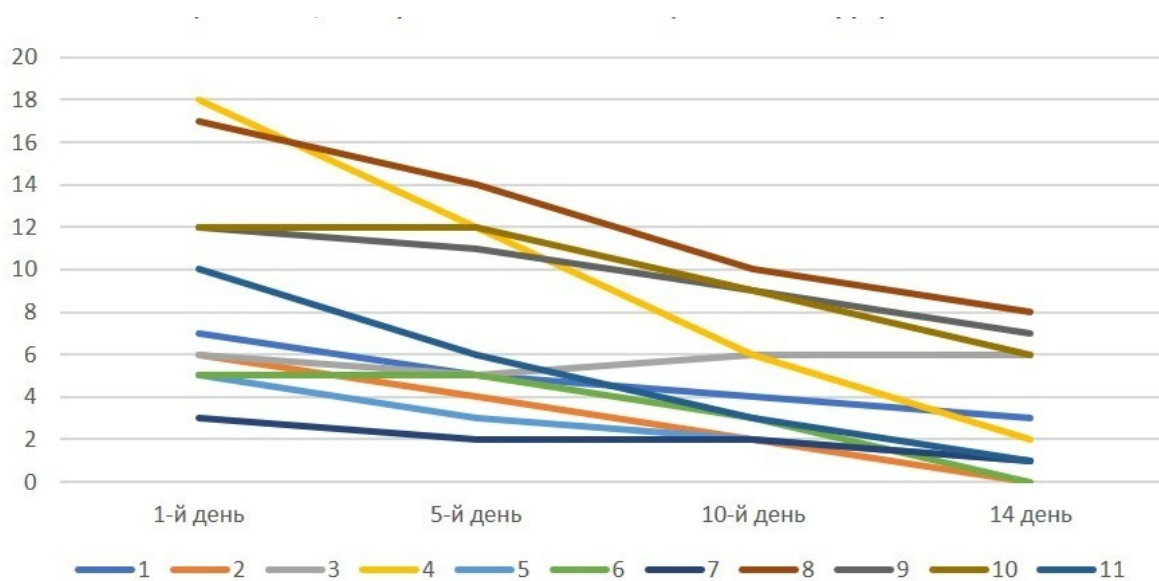


Рис. 119. Динамика потребности в кислороде (л/мин) у пациентов, получавших лечение комбинацией неинвазивной вентиляции легких и ингаляций сурфактанта. 1-11 – номера пациентов

## 2. Клиническое подтверждение неотъемлемости применения пролонгированного Г-КСФ (эмпэгфилграстим) при терапии раннего рака молочной железы на основании промежуточных результатов исследования **Defendor Special**.

Рак молочной железы (РМЖ) – социально-значимое злокачественное заболевание с выявлением ежегодно более 60.000 новых случаев, большинство из которых - пациенты женского пола трудоспособного возраста. Более 60% из них имеют ранние стадии заболевания (рРМЖ) с опухолями высокого риска прогрессирования и нуждаются в проведении на первом этапе неoadъювантной лекарственной терапии (НАТ). Эффективно проведенное лечение отражается в достижении полного патоморфологического регресса (trCR, ypT0/is, ypN0), определяемого на основании гистологического исследования операционного материала опухоли. trCR достоверно коррелирует с дальнейшим благоприятным прогнозом пациента и определяет тактику терапии после.

Новые накапливающиеся данные показывают, что высокий уровень опухоль-ассоциированных нейтрофилов (TAN) ассоциирован с благоприятным прогнозом. Для рРМЖ нейтрофилы выполняют функцию эффекторных клеток с негативным контролем метастазирования (противоопухолевая функция, эксперименты *in vivo*). На мышинных моделях было показано, что TAN заселяют ложа потенциальных зон метастазирования и не позволяют развиваться метастазам.

Со времен появления препаратов класса гранулоцитарно-колониестимулирующих факторов (Г-КСФ) (1990-е гг.) в клинической практике они рассматривались строго как препараты, снижающие частоту и длительность нейтропении после курса проведенной цитостатической терапии. Имеющиеся на сегодняшний день доклинические данные раскрывают Г-КСФ как факторы, способные изменять микроокружение опухоли и, потенциально, влиять на эффективность терапии. Здесь особенный интерес представляют пролонгированные формы Г-КСФ (эмпэгфилграстим), обеспечивающие, в отличие от коротких форм Г-КСФ, постоянный стабильный оптимальный уровень TAN.

Мы предполагаем, что при раннем HER2+ РМЖ на фоне применения неoadъювантного режима ТСНР\* + эмпэгфилграстим могут реализоваться следующие биологические механизмы:

1. Анти-HER2 препараты, обладая эффектом антитело-зависимой клеточной токсичности (ADCC), опсонизируют опухолевые клетки;
2. Эмпэгфилграстим поддерживает постоянный сбалансированный пул TAN в ложе опухоли;
3. Опсонизированные опухолевые клетки лизируются NK-клетками (классический механизм реализации ADCC);
4. TAN убивают опсонизированные антителами раковые клетки по механизму троптоза, отличному от лизиса NK-клетками (Рис. 120).

В нашем исследовании (NCT04905329), на момент промежуточного среза данных в октябре 2022 г., обнаружено, что у пациентов с HER2+ РМЖ (n=75), получающих режимы терапии ТСНР+эмпэгфилграстим, частота достижения trCR превышает исторический контроль, несмотря на популяцию, обогащенную пациентами неблагоприятного прогноза по сравнению с регистрационным исследованием режима ТСНР KRISTINE (n=221): 77% vs 55,7% (p<0,001). В рукаве сравнения, где ТСНР применялся в сочетании с короткой формой Г-КСФ, филграстимом (рутинная практика на сегодняшний день), trCR составил 44% vs 77% с эмпэгфилграстимом (p<0,001) (Рис. 121)

Полученные результаты отражают клиническое подтверждение нашей гипотезы об аддитивности действий TAN и противоопухолевой терапии, и принципиальности применения пролонгированной формы Г-КСФ, обеспечивающей постоянный сбалансированный приток TAN в ложе опухоли. Представляется

интересным дальнейшая оценка показателя безрецидивной выживаемости.

Результаты работы представлены в виде постерного доклада на SABCS 2022 и докладов на Российском Онкологическом конгрессе 2022

чл.-кор. РАН Жукова Л.Г. (ГБУЗ МКНЦ имени А.С. Логинова ДЗМ)

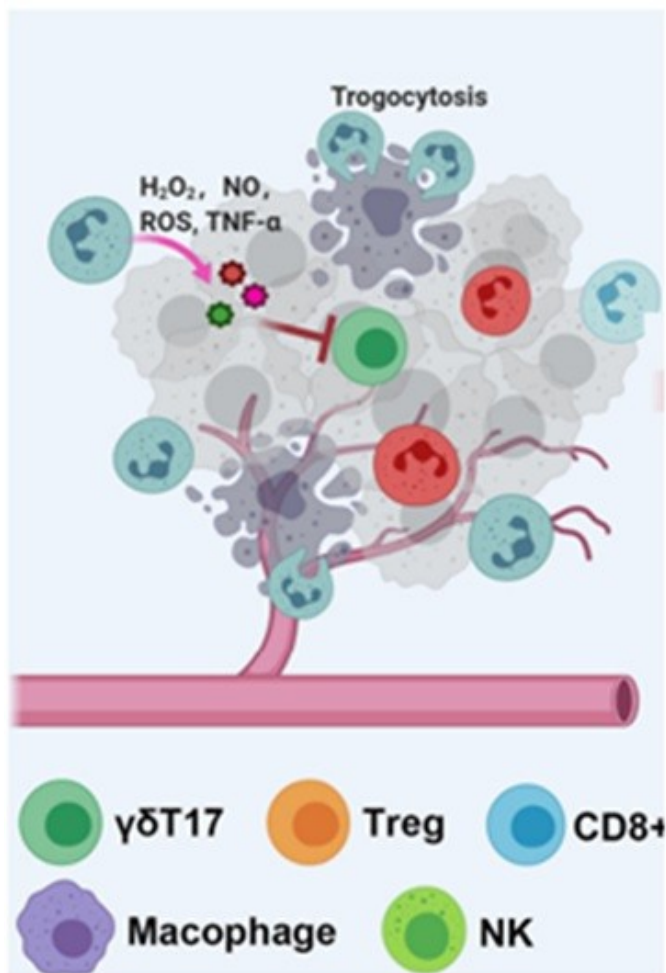


Рис. 120. Адаптировано на основании Zhang W et al. A Rosetta Stone for Breast Cancer: Prognostic Value and Dynamic Regulation of Neutrophil in Tumor Microenv «Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический)» ironment. Front. Immunol. 11:1779.doi:10/3389/fimmu. 2020.01779// Предварительно стимулированные эмпэгфилграстимом TAN на конститутивном уровне окружают опухоль и уничтожают опухолевые клетки путем трогоцитоза.

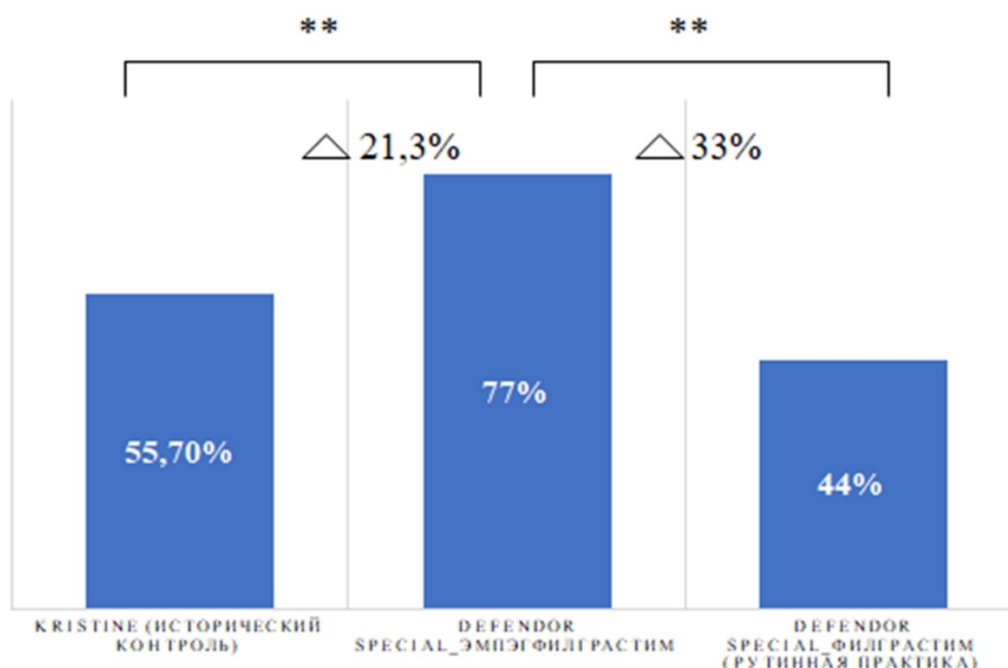


Рис. 121. Частота достижения trCR у пациентов, после проведения НАТ по схеме TCHP+ филграстим (Defendor Special) vs данные исторического контроля с филграстимом (исследование KRISTINE)

### 3. Эффект электромиостимуляции у пациентов с дефицитом движения и нарушениями равновесия и ходьбы (прикладной результат)

Показан положительный эффект курса электростимуляции мышц (ЭМС) нижних конечностей на ходьбу и равновесие пациентов пожилого и преклонного возраста ( $73,8 \pm 7,0$  лет) с дефицитом двигательной нагрузки.

Эффект шести 20-ти минутных сеансов ЭМС (несущая частота 5 кГц с модуляцией 50 Гц, амплитуда стимуляции  $23,6 \pm 1,5$  мА) проявлялся в достоверном улучшении результатов стандартных клинических тестов: «Индекс мобильности Ривермид», «Общая оценка», «Общая оценка ходьбы», «Тест Тинетти», «Тест Up & Go». Объективно, по изменениям площади статокинезиограммы и скорости перемещения центра давления при вертикальной стойке, выявлено увеличение стабильности стойки по сравнению с исходными данными. В контрольной группе достоверных изменений исследуемых показателей не отмечалось. Применение ЭМС неврологическим пациентам позволит повысить качество их жизни и эффективность двигательной реабилитации.

Работа выполнена в рамках соглашения №075-15-2022-298 от 16.04.2022 г. о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Павловский центр "Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» при участии ГБУЗ НПЦ им. Соловьева Департамента здравоохранения г. Москвы

(ГНЦ РФ ИМБП РАН; авторы: Абу Шели Н.М.А., Шишкин Н.В., к.б.н. Амирова Л.Е., Савеко А.А., к.б.н. Томиловская Е.С. )

*Публикация:*

Amiriva L., Avdeeva M., Shishin N., Gudkova A., Duekht A., Tomilovskaya E. Effect of Modulated Electromyostimulation on the Motor System of Elderly Neurological Patients. Pilot Study of Russian Currents Also

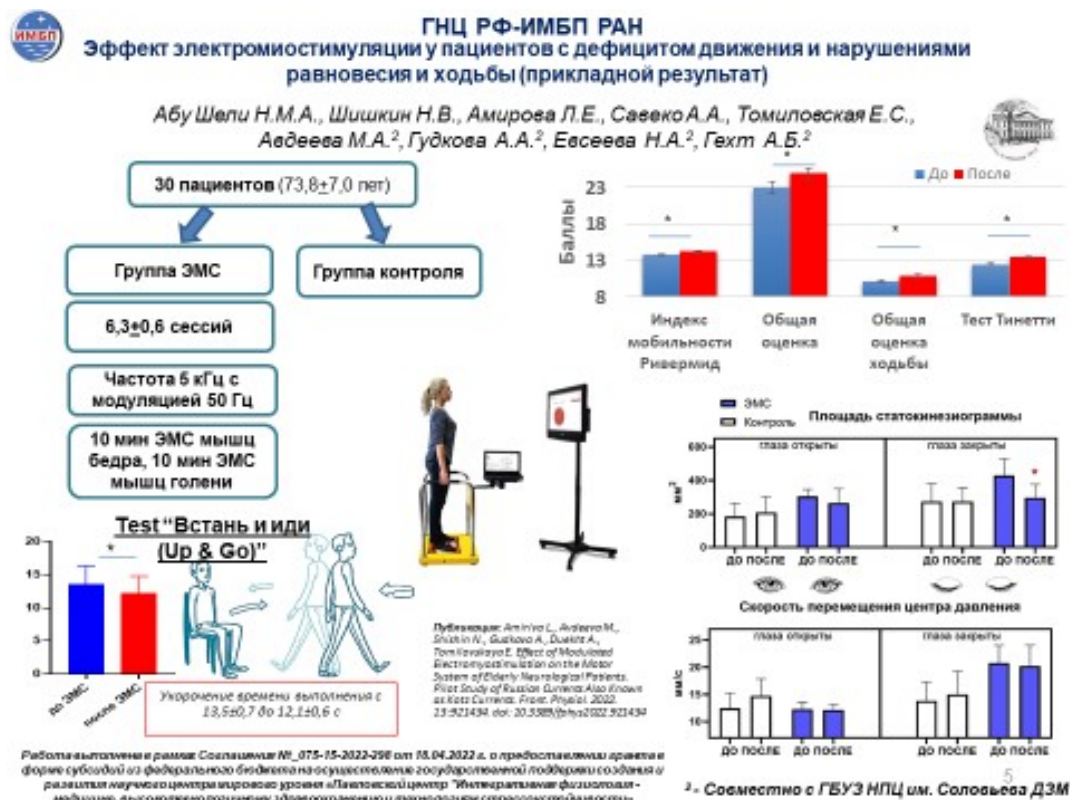


Рис. 122

#### 4. Технология выделения и наращивания опухоль инфильтрирующих лимфоцитов для терапии злокачественных новообразований.

Разработана отечественная технология выделения и наращивания опухоль инфильтрирующих лимфоцитов (ОИЛ) для терапии злокачественных новообразований, позволяющая получать не менее 1 млрд. жизнеспособных Т-лимфоцитов не позднее 6 недель с момента взятия биологического материала опухоли от пациента. На сегодняшний день адоптивная терапия ОИЛ является наиболее многообещающим методом лечения резистентных к иммунотерапии ингибиторами иммунных контрольных точек солидных опухолей, в первую очередь, меланомы (Рис. 123). По данным клинических исследований при резистентной меланоме объективные ответы составляют до 72 %, а у 20 % пациентов возможен полный регресс.

(Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический); авторы: Богданов А.А., Корнев А.А., Данилов А.О., Богданов А.А., к.м.н. Егоренков В.В., к.м.н. Волков Н.М. чл.-кор. РАН Моисеенко В.М.)

##### Публикации:

Bogdanov A., Bogdanov A., Chubenko V., Volkov N., Moiseenko F., Moiseyenko V. Tumor acidity: From hallmark of cancer to target of treatment // Frontiers in Oncology. – 2022. – Т. 12. – С. 979154.

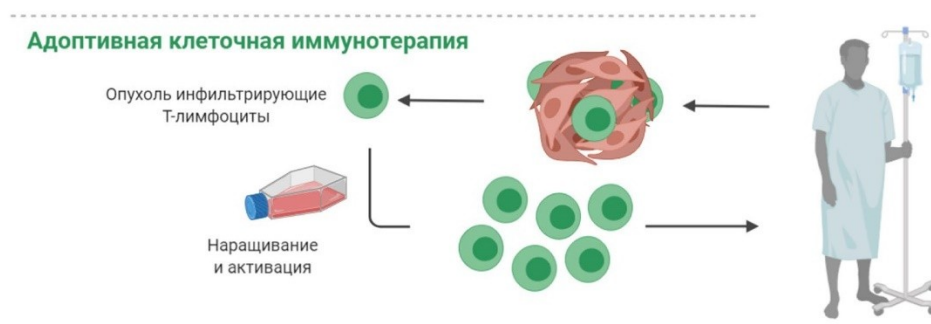
Moiseenko F., Bogdanov A., Egorenkov V., Volkov N., Moiseyenko V. Management and Treatment of Non-small Cell Lung Cancer with MET Alteration and Mechanisms of Resistance // Current Treatment Options in Oncology. – 2022. – Т. 23, № 12. – С. 1664-1698.

Moiseenko F. V., Volkov N. M., Zhabina A. S., Stepanova M. L., Rysev N. A., Klimenko V. V., Myslik A. V., Artemieva E. V., Egorenkov V. V., Abduloeva N. H., Ivantsov A. O., Kuligina E. S., Imyanitov E. N., Moiseyenko V. M. Monitoring of the presence of EGFR-mutated DNA during EGFR-targeted therapy may assist in

the prediction of treatment outcome // Cancer Treatment and Research Communications. – 2022. – Т. 31. – С. 100524.

Van Cutsem E., Danielewicz I., Saunders M. P., Pfeiffer P., Argilés G., Borg C., Glynne-Jones R., Punt C. J. A., Van de Wouw A. J., Fedyanin M., Stroyakovskiy D., Kroening H., Garcia-Alfonso P., Wasan H., Falcone A., Fougeray R., Egorov A., Amellal N., Moiseyenko V. First-line trifluridine/tipiracil + bevacizumab in patients with unresectable metastatic colorectal cancer: final survival analysis in the TASC01 study // Br J Cancer. – 2022. – Т. 126, № 11. – С. 1548-1554.

Moiseenko F. V., Fedyanin M., Volkov N., Abduloeva N., Levchenko N., Chubenko V., Zhabina A., Stepanova M., Kramchaninov M., Artemeva E., Moiseyenko V. Comparison of the results of treatment of patients with unrespectable NSCLC in the framework of clinical trials and in real



Схематическое изображение процедуры адоптивной терапии опухоль инфильтрирующими лимфоцитами

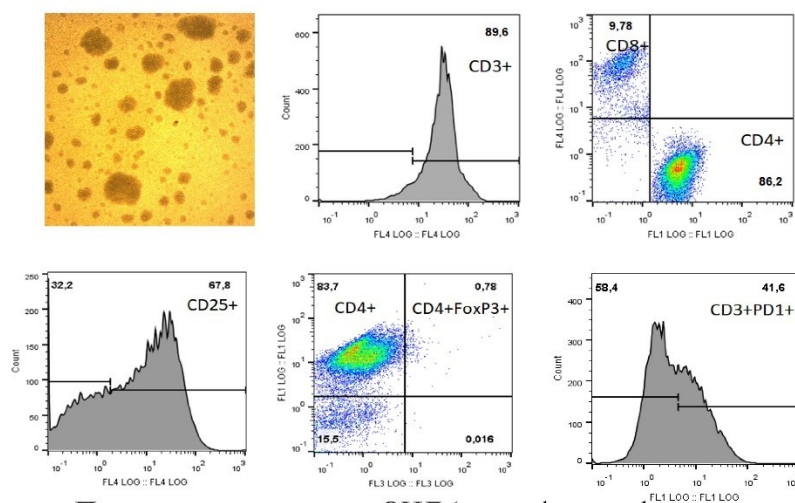


Рис. 123. Технология выделения и наращивания опухоль инфильтрирующих лимфоцитов для терапии злокачественных новообразований

### 5. Дифференцировочная терапия – новый подход к лечению глиомы головного мозга человека.

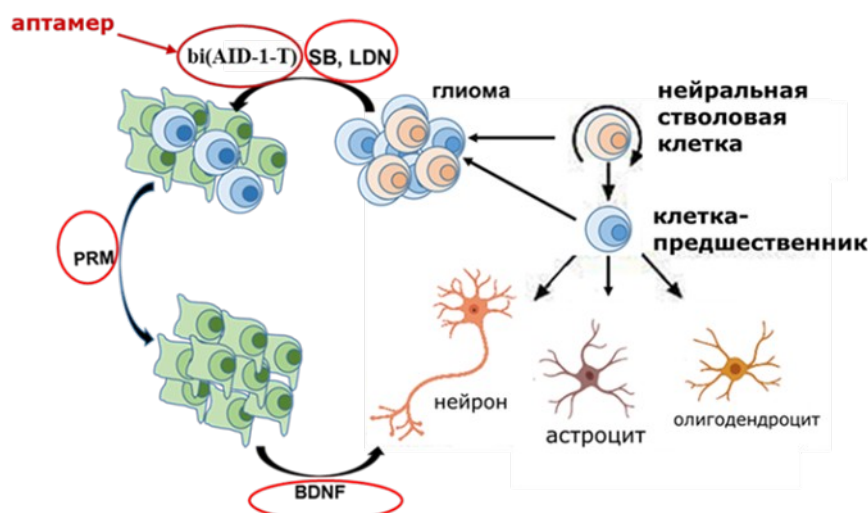
На данный момент не существует эффективного способа лечения глиомы мозга человека. Все применяемые методы лечения направлены на торможение развития патологии. В наших экспериментах

применена прямо противоположная стратегия - стимулирование «созревания» опухолевых клеток, что приведет к потере их пролиферативного потенциала. Принципиально новый подход к лечению глиомы («дифференцировочная терапия») основан на цитостатическом воздействии на опухолевые клетки направленно созданной молекулы (аптамер bi(AID-1-T)) в комбинации с молекулами-индукторами, управляющими каскадами нейрогенеза - SB431542, LDN-193189, Purmorphamine, BDNF (Рис. 124). При временном торможении деления опухолевых клеток после воздействия аптамера, молекулы-индукторы способны направить дифференцировку клеток опухоли в зрелое состояние, прекращая пролиферацию по опухолевому типу. 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.

(ИВНД И НФ РАН; авторы: д.б.н., проф. РАН Павлова Г.В. , Колесникова В.А., к.б.н. Ревিশин А.В; Шамадыкова Дж.В. совместно: Копылов А.М. МГУ им М.В. Ломоносова; Самойленкова Н., Дрозд С., Усачев Д.Ю. ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко)

*Публикации:*

Pavlova G, Kolesnikova V, Samoylenkova N, Drozd S, Revishchin A, Shamadykova D, Usachev DY, Kopylov A. A Combined Effect of G-Quadruplex and Neuro-Inducers as an Alternative Approach to Human Glioblastoma Therapy. *Front Oncol.* 2022 Apr 28; 12:880740. doi: 10.3389/fonc.2022.880740.



31

Рис. 124. Схема «дифференцировочной терапии», основанной на управлении дифференцировкой незрелых клеток глиомы человека для перевода их в зрелое состояние, что приводит к снижению или блокированию их пролиферативного потенциала.

**Комбинация ДНК-аптамера bi(AID-1-T) и SB431542, LDN-193189, PRM, BDNF снижает рост глиобластомы крысы 101/8 через 15 дней**

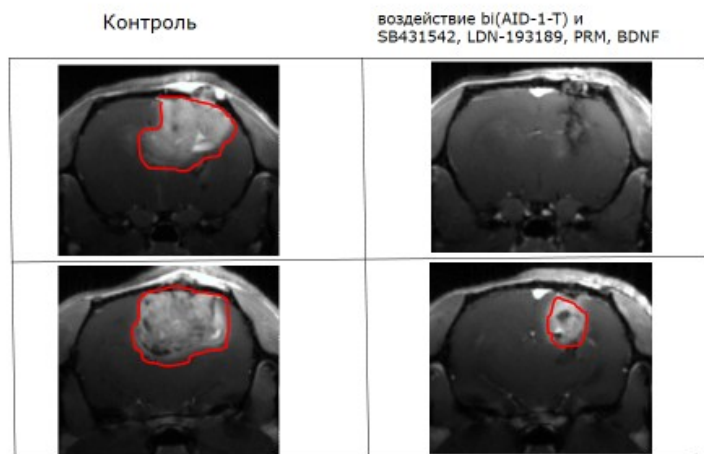


Рис. 125

**Результаты, имеющие наибольший инновационный потенциал**

**1. Новый цитологический анализатор «ЛАСКА-ТМФ».**

На основе проведенных исследований был разработан (на базе МИП «Биомедицинские системы») новый цитологический анализатор «ЛАСКА-ТМФ» в котором совмещены технологии лазерной дифракции и флуоресцентного анализа (Патент RU №204836 U1, 2021г). На новой аналитической платформе проведены исследования влияния температуры на трансформацию тромбоцитов и динамику внутриклеточного кальция при индукции клеток АДФ. Показано, что температура разнонаправлено влияет на кинетику ключевых реакций клеточного гемостаза. При гипотермии снижаются скорости реакций изменения формы (shape change) и свертывания (clot formation), но увеличивается скорость агрегации при низких дозах АДФ (<600nM). Вероятно, механизм такого усиления агрегации при гипотермии связан со значительным снижением скорости откачки кальция из цитозола тромбоцитов. В условиях гипотермии уровень внутриклеточного кальция остается достаточно долго высоким, что позволяет реализовать сигнальную трансдукцию, приводящую к активации интегриновых рецепторов  $\alpha IIb\beta 3$ .

(ИЭФБ РАН; авторы: к.б.н. Миндукшев И.В., Добрылко И.В. к.б.н. Судницына Ю.И., д.б.н. Гамбарян С.П.)

*Публикации:*

Mindukshev I, Fock E, Dobrylko I, Sudnitsyna J, Gambaryan S, Panteleev MA. Platelet Hemostasis Reactions at Different Temperatures Correlate with Intracellular Calcium Concentration. Int J Mol Sci. 2022;23(18):10667.

**2. Модели оценки интегральной антибиотикорезистентности.**

Созданы Модель оценки и прогнозирования интегральной антибиотикорезистентности (Рис. 126) и Модель стабильности антибиотикорезистентности во времени и с учетом воздействия космических условий, позволяющие прогнозировать риски, связанные с особенностями стабильности и лекарственной чувствительности микроорганизмов, циркулирующих в малых международных группах/экипажах в



условиях длительной изоляции и в условиях пилотируемого космического полета (КП). Модели были применены для эпидемиологического исследования смертности от 33 бактериальных патогенов во всем Мире. Показано, что наиболее опасным в России является *E.coli* с множественной лекарственной устойчивостью, были найдены особенности антибиотикорезистентности и устойчивость во время длительного КП внутри и вне организма космонавтов. Получен патент на изобретение РФ № 2773530, Способ определения интегральной антибиотикорезистентности микроорганизмов, получивший Золотую медаль международного салона изобретений и инноваций в городе Шалон-ан-Шампань (Франция) 2022 год.

(ГНЦ РФ ИМБП РАН; авторы: член-корреспондент РАН Ильин В.К., академик РАН Орлов О.И., Морозова Ю.А., к.м.н. Скедина М.А., PhD Артамонов А.А.)

Публикация:

Ikuta K. S., Artamonov A. A., Dhingra S. et. al. Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019. *The Lancet*, 2022.; Ilyin V. K., Skedina M. A., Artamonov A. A. et. al. Prognostic model for bacterial drug resistance genes horizontal spread in space-crews. *Acta Astronautica*, 2022; Ilyin V.K., Skedina M. A., Artamonov A.A. et. al. Mathematical model of antibiotic resistance determinants stability under space flight conditions. *Astrobiology*, 2022.



### ГНЦ РФ-ИМБП РАН

## МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ

Ильин В.К., Орлов О.И., Морозова Ю.А., Скедина М.А., Артамонов А.А.

Модели стабильности антибиотикорезистентности во времени и с учетом воздействия космических условий позволяют описывать и прогнозировать риски, связанные с лекарственной чувствительностью микроорганизмов в условиях пилотируемого космического полета (КП). Основаны на исследовании биоматериала, определении показателей антибиотикорезистентности (АР), которые учитывают доминирующие параметры, влияющие на АР, такие как конъюгация, процессы мобилизации, количество детерминант в трансконъюгантах, приоритет колонизации, относительная концентрация того или иного вида микроорганизмов (рис.1).

- На основе разработанных и верифицированных моделей даны прогнозы и рекомендации по антибактериальной терапии в условиях КП. Модели учитывают особенности стабильности и лекарственной чувствительности микроорганизмов, циркулирующих в малых международных группах/экипажах в условиях длительной изоляции и КП.
- Модель оценки интегральной антибиотикорезистентности была применена для эпидемиологического исследования смертности от 33 бактериальных патогенов во всем Мире. Было показано, что наиболее опасным в России является патоген *E.coli* с множественной лекарственной устойчивостью (рис.2). Для *E.coli* были найдены особенности антибиотикорезистентности и их устойчивость во время длительного космического полета как внутри организма космонавтов, так и вне.



Рис.1 – Метод определения показателей антибиотикорезистентности (АР).



Рис.2- Распространенность бактериальных патогенов в зависимости от региона. В РФ – *E.coli*.



Рис.3 –Золотая медаль международного салона изобретений

На модель стабильности антибиотикорезистентности в 2022 году получен патент на изобретение РФ №2773530. Изобретение получило международное признание: Золотая медаль международного салона изобретений и инноваций в городе Шалон-ан-Шампань (Франция) (рис. 3).

Публикации:

1. Ikuta K. S., Artamonov A. A., Dhingra S. et. al. Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019. *The Lancet*, 2022.
2. Ilyin V. K., Skedina M. A., Artamonov A. A. et. al. Prognostic model for bacterial drug resistance genes horizontal spread in space-crews. *Acta Astronautica*, 2022.
3. Ilyin V.K., Skedina M. A., Artamonov A.A. et. al. Mathematical model of antibiotic resistance determinants stability under space flight conditions. *Astrobiology*, 2022.

Работа выполнена в рамках темы 64.2 ФНИ РАН

Рис. 126. Модель оценки интегральной антибиотикорезистентности

## Медицинские науки

### Состояние отраслей фундаментальной науки и важнейшие научные достижения российских ученых в 2022 году.

Стратегическими направлениями исследований в области медицины являются: разработка научных основ совершенствования государственной политики, законодательной и нормативно-правовой базы по проблемам экологии человека, гигиены и медицины окружающей среды, медицины труда, обеспечения химической и биологической безопасности населения Российской Федерации; изучение распространенности факторов риска заболеваний, определяющих высокую смертность и инвалидизацию населения РФ с целью разработки методов контроля и профилактики; построение прогнозных моделей риска развития заболеваний и их осложнений на основе крупномасштабных эпидемиологических исследований для применения в системе здравоохранения (диспансеризация) и разработки стратегии профилактики на национальном уровне.

Основные усилия научного сообщества в текущем году были направлены на создание новых эффективных противовирусных препаратов, что обусловило переход генно-инженерных технологий на новый уровень, дало толчок развитию инновационных методов и подходов, позволивших создать новые технологические платформы для разработки вакцинных препаратов. Результаты фундаментальных и прикладных геномных, протеомных и постгеномных исследований обусловили появление в самые короткие сроки высокопроизводительных методов диагностики COVID-19, а также позволили наметить пути разработки персонализированных подходов лечения этого заболевания и его осложнений с учетом особенностей генома, транскриптома и метаболома конкретного пациента.

### Перспективы развития клинической медицины

**1. В области акушерства, гинекологии, репродуктивной и перинатальной медицины:** разработан комплексный подход к прогнозированию, профилактике и коррекции дисбиотических нарушений кишечной и вагинальной микробиоты и спровоцированных ими патологий у женщин и новорожденных, создана диагностическая тест-система ранней предикции дисбиотических нарушений (в том числе некротизирующего энтероколита) и создание инновационных пробиотических лекарственных средств на основе консорциума живых пробиотических штаммов микроорганизмов с установленной последовательностью генома, обитающих в здоровой микробиологической системе мать-дитя, и на основе консорциума живых уникальных симбиотических лактобацилл с установленной последовательностью генома, выделенных из женского молока.

Выявлены основные закономерности представленности различных компонентов метаболического синдрома у женщин на различных этапах старения репродуктивной системы (поздний репродуктивный и пери/постменопаузальный периоды) в зависимости от этнической принадлежности с установлением его диагностических и прогностических маркеров (точки «отсечения» концентраций тестостерона, индекса свободных андрогенов и дегидроэпиандростерона). Установлена частота встречаемости снижения овариального резерва при активном выявлении у женщин из популяционной выборки (12,96%), определены критические возрастные параметры, установлены точки «отсечения» для количества антральных фолликулов с высокой чувствительностью и специфичностью, позволяющие эффективно выявлять женщин со снижением овариального резерва с учетом этнической принадлежности. Определены основные бактериальные виды в микробиоме полости рта и в кишечном микробиоме, специфичные для синдрома

поликистозных яичников (СПКЯ): на основании оценки альфа-разнообразия кишечной микробиоты с использованием мета-секвенирования ампликонов в популяционной выборке здоровых женщин и больных с СПКЯ продемонстрировано значительное снижение альфа-разнообразия для «классических» гиперандрогенных фенотипов СПКЯ. Установлены пороговые значения индексов разнообразия (ASV, Shannon, Simpson, Chao и ACE) для обоснования таргетной коррекции изменений микробиома и, опосредованно,- гиперандрогенизма. Показано, что гемодинамические нарушения маточно-плацентарно-плодового кровообращения при синдроме обструктивного апноэ сна у беременных с артериальной гипертензией и ожирением вызывают высокую частоту клинических проявлений плацентарной недостаточности (гипоксии и гипотрофии плода).

Разработаны и внедрены инновационные технологии преодоления бесплодия при хроническом эндометрите с применением супернатантов, проведено пилотное исследование пролонгированного культивирования эмбрионов человека.

**2. В области хирургии:** разработка и внедрение концепции диагностического моделирования и персонализированного хирургического лечения на основе использования миниинвазивных, эндоскопических, роботических и гибридных технологий; широкое использование технологий 3D-предоперационного планирования, технологий искусственного интеллекта, интраоперационной навигации и дополненной реальности при проведении хирургических вмешательств; обоснование технологий моделирования гемодинамики для прогнозирования риска развития и уменьшения количества осложнений в сердечно-сосудистой хирургии; разработка и внедрение уникальных лечебно-диагностических технологий снижения летальности больных панкреонекрозом и хроническим панкреатитом в Российской Федерации; проведения фундаментальных исследований функционального состояния печени, позволяющих профилактировать печеночную недостаточность после обширных резекций в хирургической гепатологии; обоснование пациент-безопасных радикальных и органосохраняющих хирургических операций в абдоминальной хирургии.

Разработка методов интраоперационной оценки адекватности перфузии тканей при формировании межорганных соустьев; разработка принципов персонализированного выбора метода и объема хирургического вмешательства при наследственных предраковых заболеваниях на основе результатов молекулярно-генетических исследований;

**3. В области нейрохирургии:** изучение микроструктурных, диффузионных, перфузионных и метаболических особенностей мозга человека в норме и при патологии с помощью современных модальностей нейровизуализации (КТ, МРТ и ПЭТ-КТ); изучение молекулярных биомаркеров в плазме крови и ликворе, молекулярно-генетический анализ патологического субстрата и разработка диагностических и прогностических критериев при повреждениях и заболеваниях нервной системы с использованием молекулярно-генетических методов и масс-спектрометрии; изучение цифровых биомаркеров в нейровизуализации с помощью технологий радиомики, радиогеномики и искусственного интеллекта; разработка персонализированных методов хирургического, в том числе малоинвазивного (key hole и burr hole), и лучевого лечения, химио- и иммунотерапии опухолей мозга человека, в том числе - методов аптатераностики, с учетом гистологических, молекулярно-генетических данных и анатомо-томографических соотношений с функционально важными структурами мозга; разработка концепции дифференцированной терапии для лечения глиом головного мозга человека; разработка экспресс-методов интраоперационной идентификации здоровых и патологических тканей на основе лазерной биоспектроскопии, сверхбыстрой масс-спектрометрии, флуоресцентной диагностики, оптической

когерентной томографии и других методов; исследование патофизиологии мозгового кровообращения и заболеваний сосудов головного мозга для повышения эффективности микрохирургических, эндоваскулярных и реконструктивных операций; разработка методов нейромодуляции и протезирования функций мозга с использованием технологий функциональной нейрохирургии, роботизированной техники; разработка методов нейропротекции с помощью современных технологий нейрохирургии, нейроанестезиологии и нейрореаниматологии при тяжелых поражениях мозга травматического, сосудистого и опухолевого генеза; компьютерное мультимодальное моделирование патологических процессов и образований нервной системы, идентификация риска и прогнозирование осложнений (в том числе инфекционных) результатов лечения с учетом клинических, нейровизуализационных, гистологических, молекулярно-генетических, микробиологических и других данных на основе методов интеллектуального анализа данных и искусственного интеллекта; разработка высокоэффективных методов анализа медицинской документации в научных задачах с помощью технологий искусственного интеллекта; разработка методов реконструктивной нейрохирургии с использованием 3D-компьютерных моделей и аддитивных технологий; создание и развитие биоресурсных коллекций, биобанков клеточных культур опухолей мозга человека с формированием цифровых архивов интегрированных клинических, нейровизуализационных, гистологических и молекулярно-генетических данных; изучение структурных, метаболических, нейромедиаторных и нейрофизиологических механизмов пластичности мозга при патологии нервной системы, а также после хирургических, радиационных и химиотерапевтических воздействий; изучение патологии сознания, а также психопатологии при органическом поражении мозга и механизмов его восстановления в результате лечебных и реабилитационных воздействий; совершенствование методологии планирования, реализации и оценки эффективности научно-исследовательской деятельности в нейрохирургии.

**4. В области онкологии:** разработка и внедрение тераностики; разработка и внедрение органосберегающей суперселективной эндоваскулярной хирургии.

Разработка экспериментальной противоопухолевой митохондриальной терапии; разработка и внедрение прогностических и предиктивных алгоритмов на основе новых иммунологических и молекулярно-генетических характеристик злокачественных опухолей и их микроокружения; доклинические исследования новых фармакологических субстанций.

Получено регистрационное удостоверение на оригинальные РФП:  $^{99m}\text{Tc}$ -гамма-оксид алюминия для выявления сторожевых лимфатических узлов и  $^{99m}\text{Tc}$ -1-тио-D-глюкоза, для метаболической визуализации злокачественных новообразований на повсеместно используемых в онкологических учреждениях гамма-камерах. Завершены первые фазы клинических исследований трех РФП на основе нового класса нацеливающих молекул неиммуноглобулиновой природы (скаффолдов) для диагностики рака молочной железы с гиперэкспрессией рецептора HER2/neu и  $^{99m}\text{Tc}$ -maSSS-PEG2-RM26 для визуализации гастрин-релизинг пептида при раке предстательной железы.

Завершены I-II фазы клинических исследований безопасности и терапевтической эффективности отечественного оригинального радиофармацевтического лекарственного препарата « $^{177}\text{Lu}$ -ПСМА» на основе лютеция-177 ( $^{177}\text{Lu}$ ) для проведения радиолигандной терапии метастатического кастрат-резистентного рака предстательной железы.

Проведено исследование клинической безопасности и терапевтической эффективности разработанного радиофармпрепарата (РФЛП) на основе микросфер альбумина 20-40 мкм, меченых  $^{188}\text{Re}$  для процедуры внутриартериальной радионуклидной эмболизации при лечении неоперабельного рака

печени.

Разработано и продолжено доклиническое исследование оригинального радиофармпрепарата «<sup>177</sup>Lu-DOTATOC» для пептидно-рецепторной терапии нейроэндокринных злокачественных новообразований.

Разработано и продолжено доклиническое исследование оригинального радиофармпрепарата «<sup>99m</sup>Tc-ПСМА» для ОФЭКТ диагностики метастатического кастрационно-резистентного рака предстательной железы.

Разработана технология синтеза оригинального радиофармпрепарата «<sup>225</sup>Ac-ДОТА-ПСМА» для пептидно-рецепторной терапии метастатического кастрационно-резистентного рака предстательной железы.

Разработаны стандарты безопасного применения клеточной терапии на основе минимально манипулированных клеток для регенеративной терапии у онкологических пациентов.

Разработан кластер инновационных методов неинвазивной внутриполостной дозиметрии опухолевых образований и органов риска пациентов, основанный на применении синтетических и природных микрокристаллов в качестве дозиметров при брахитерапии злокачественных новообразований. Методы получили применение для обеспечения дозиметрических гарантий качества радиотерапии опухолей предстательной железы, молочной железы, опухолей головы-шеи, в онкогинекологии. Разработан и применен комплекс методов персонализированной дозиметрии внутреннего облучения опухолевых образований и органов риска пациентов для дозиметрического обеспечения клинических исследований новых отечественных терапевтических радиофармпрепаратов “Гепаторен”, “Артрорен”, “Лютапрост”.

Разработана и внедрена в широкую клиническую практику первая российская платформа персонализированной медицины ARIADNA (Artificial Intelligence Approach to DNA analysis). Основана на технологиях полногеномного секвенирования, пополняемого озера данных (Data Lake) клинических и геномных данных, а также технологий машинного обучения. Платформа позволяет прецизионно сформировать терапевтическую траекторию пациента исходя из генетического паспорта опухоли, определить риски и переносимость предложенного лечения.

Совместно с ИМЕТ РАН осуществлен синтез партии остеопластических кальций – фосфатных материалов на МКС в условиях невесомости; выявлены особенности их микроархитектоники и взаимосвязанные с ними блестящие остеозамещающие свойства.

## **5. В области терапии**

**Эпидемиологические исследования:** изучение распространенности факторов риска заболеваний, определяющих высокую смертность и инвалидизацию населения РФ с целью разработки методов контроля и профилактики; построение прогнозных моделей риска развития заболеваний и их осложнений на основе крупномасштабных эпидемиологических исследований для применения в системе здравоохранения (диспансеризация) и разработки стратегии профилактики на национальном уровне.

**Профилактика хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ), в т.ч. таргетная:** разработка и внедрение новых форм и техноогических решений персонифицированной профилактики хронических заболеваний на основе информационных технологий, включая мобильное здравоохранение; разработка, апробация, оценка прогностической значимости и валидация новых диагностических панелей и тестов неинвазивной оценки риска хронических неинфекционных заболеваний у отдельного пациента; разработка генетических тест-систем для прогнозирования риска развития онкологических заболеваний; разработка методологии выявления женщин с риском сердечно-сосудистых осложнений с помощью диагностики кальциноза артерий молочной железы по результатам маммографии; повышение

эффективности диагностических подходов к определению носительства частых вариантов нуклеотидной последовательности, связанных с развитием аутосомно-рецессивных заболеваний (муковисцидоз, фенилкетонурия, нейросенсорная тугоухость, дефицит альфа-антитрипсина и др.);

**Совершенствование диспансерного наблюдения:** развитие системы регистров больных с ХНИЗ с целью оценки структуры факторов риска и мультиморбидности, качества диагностики и лечения, ближайших и отдаленных исходов в клинической практике, определения групп наиболее высокого риска неблагоприятного прогноза с последующей разработкой алгоритмов и рекомендаций по профилактике и повышению качества лечения больных с ХНИЗ; разработка диспансерного наблюдения коморбидных пациентов; разработка автоматизированных алгоритмов принятия клинических решений в области внутренних болезней (выбор антитромботической, гиполипидемической и др. терапии); изучение возможностей реабилитации кардиологических пациентов, что позволяет выработать подходы к увеличению продолжительности жизни и улучшению ее качества.

**Фундаментальные исследования:** развитие сети биобанков в России для повышения национальной безопасности страны; накопление биологического материала (кровь, кал и др.) пациентов с внутренними болезнями в биобанках России для проведения крупномасштабных научных исследований; идентификация генетических маркеров нарушений липидного обмена, первичных электрических заболеваний сердца, наследственных кардиомиопатий, характерных для российской популяции, и усовершенствование подходов к их диагностике; разработка шкал генетического риска ХНИЗ (атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, острое нарушение мозгового кровообращения, ожирение, сахарный диабет, остеопороз, неалкогольная жировая болезнь печени и др.) на основе метода секвенирования нового поколения; усовершенствование автоматизированной вычислительной платформы для обработки результатов высокопроизводительного секвенирования, позволяющей проводить биоинформатический анализ данных секвенирования образцов по единой методике и при минимальном ручном труде; разработка принципов персонализированного подбора терапии на основе полного геномного секвенирования с применением математических моделей риска развития заболеваний в клинике внутренних болезней; изучение микробиоты у пациентов с различными ХНИЗ с целью уточнения патофизиологических механизмов развития и прогрессирования заболеваний, поиска маркеров характерного микробиологического паттерна для конкретного заболевания и разработки инновационных технологий лечения; поиск новых маркеров ХНИЗ с помощью протеомного профилирования сыворотки крови; изучение эпигенетических механизмов и маркеров (микроРНК и др.), обуславливающих развитие различных ХНИЗ; внедрение методов коррекции вирусно-микробно-тканевого комплекса кишечника человека как базисной составляющей современной этиопатогенетической терапии заболеваний в условиях эколого-профессионального напряжения; изучение интероцепции сердца здоровых людей и пациентов с сердечно-сосудистой патологией с помощью различных методов, в т.ч. изучения вызванных сердечных потенциалов; изучение эффективности чрескожной стимуляции блуждающего нерва у больных с внутренними болезнями.

**6. В области неврологии и нейронаук:** разработаны и внедрены протоколы навигационной транскраниальной магнитной стимуляции, позволяющие снизить спастичность у пациентов с рассеянным склерозом до 39% и добиться высокой частоты ремиссии (более 80%) при фармакорезистентной депрессии, сократив при этом длительность курса терапии в 2–3 раза. Выявлены новые биомаркеры крови и магнитно-резонансной визуализации, позволяющие определять персонализированный риск развития когнитивных нарушений

#### **7. В области реабилитологии**

В рамках изучения методов органопротекции при критических состояниях впервые в мире разработан **новый отечественный нейропротектор** на основе **соли лития**. Проведен полный цикл доклинических исследований, в которых доказано, что внутривенная лекарственная форма 4,2% лития хлорида безопасна и эффективна на модели ишемического инсульта — уменьшает зону инсульта, перифокальный отек, функциональный неврологический дефицит лабораторных животных. Изучены молекулярные механизмы действия лития хлорида.

#### **8. В области психиатрии:**

**1) в области психопатологии и клиники психических заболеваний:** разработана новая клинко-биологическая концепция шизофрении, устанавливающая связи между нарушениями биологических процессов и формированием психопатологических расстройств. Нейровоспаление играет ключевую роль в формировании этих психопатологических расстройств. Предложенная клинко-биологическая модель позволяет уточнить патогенез шизофрении, а также разработать новые подходы к фармакотерапии шизофрении, к ранней диагностике, клиническому и социальному прогнозу.

#### **2) в области биомедицинских исследований:**

на основе выявленных клинко-биологических маркёров (клинические, иммунологические, биохимические, нейрофизиологические, нейровизуализационные) созданы инновационные тест-системы, демонстрирующие высокую эффективность в клинической практике, позволяющие осуществить дифференциальную диагностику психических заболеваний, их раннюю диагностику на доклиническом этапе, а также провести оценку прогноза заболевания и эффективность терапевтических подходов, улучшить качество жизни и снизить экономические затраты на лечение.

**9. В области офтальмологии:** изучение роли молекулярных механизмов патогенеза с последующим формированием персонализированного подхода к профилактике и диагностике сосудистых и онкологических заболеваний;

Изучена роль микроРНК как биомаркера прогрессирования меланомы хориоидеи, доказана значимость повышения уровня экспрессии микроРНК-223 и микроРНК-27b в плазме крови больных как предиктора развивающихся гематогенных метастазов.

Впервые установлена роль miR-155, miR-126, определяемых в сыворотке крови, и белков S100-A6, S100-A8, S100-A9, мезотелина и бета-2-микроглобулина, определяемых в слезной жидкости у пациентов с ретиальной венозной окклюзией, что доказывает их влияние на развитие и течение патологического процесса.

Впервые на основе атомно-силовой микроскопии изучены биомеханические свойства капсулы хрусталика. Полученные результаты использованы при разработке современных методов хирургии хрусталика и изучении механизмов аккомодации.

Разработана новая модель искусственной роговицы глаза. Кератопротез выполнен из отечественного биополимера, высоко совместимого с тканями глаза, и не имеет аналогов в мировой практике. Модель кератопротеза апробирована *in vitro* на культуре клеток, в эксперименте *in vivo* на глазах животных и предназначена для замещения непрозрачной роговицы при бесперспективности оптической трансплантации роговицы.

Выявлен спектр генетических aberrаций, выявлены дифференциально диагностические критерии различий между доброкачественными меланоцитарными опухолями и увеальной меланомой, меланомой радужки и меланомой хориоидеи, начальной беспигментной меланомой хориоидеи и отграниченной

гемангиомой хориоидеи (получены 2 патента на изобретение). Разработан метод экспресс-диагностики злокачественных и доброкачественных опухолей придаточного аппарата глаза, основанный не только на различиях в метаболизме злокачественных и доброкачественных клеток по их способности к восстановлению *in situ* ионов серебра с последующим формированием биогенных наночастиц, но и отличиях в уровне активности различных нозологических форм злокачественных опухолей (получен 1 патент на изобретение).

**10. В области ревматологии:** впервые выделены клинико-иммунологические фенотипы системной красной волчанки с целью назначения персонализированной терапии таким пациентам; разработан алгоритм диагностики антифосфолипидного синдрома с применением внекритериальных биомаркеров; получен первый в России и мире опыт применения селективного ингибитора янус-киназ (JAK) тофацитиниба для лечения тяжелого орфанного заболевания – прогрессирующей оссифицирующей фибродисплазии (ФОП) у детей; изучено состояние Т-клеточного и гуморального ответа на антигены SARS-CoV-2 у больных ревматоидным артритом, получающих ритуксимаб, для выявления групп высокого риска тяжелого течения COVID-19.

**11. В области фтизиатрии:** показана ценность различных культуральных методов диагностики для выявления смешанных популяций микобактерий; установлена частота встречаемости коинфекции двумя видами нетуберкулезных микобактерий, а также частота встречаемости инфекций, вызванных микобактериями туберкулеза и нетуберкулезными микобактериями, что позволит усилить меры инфекционного контроля по предотвращению распространения опасных инфекций; показаны случаи гетерорезистентности *M.tuberculosis* к фторхинолонам и установлено число пулов микобактерий, одновременно присутствующих в макроорганизме; определены геномные различия между локальными пулами *M.tuberculosis*, представленными в организме хозяина на фоне лечения. Разработан комплексный подход к лечению больных туберкулезом легких с широкой лекарственной устойчивостью возбудителя, что позволяет достичь значимо высоких результатов по прекращению бактериовыделения и закрытию полостей деструкции, который на 30% превышает эффективность лечения больных МЛУ/ШЛУ туберкулезом легких как в мире, так в РФ.

### **Перспективы развития медико-биологических наук**

1. Разработка систем высокоселективной доставки диагностических и лекарственных препаратов в клетки мишени организма на основе наноконтейнерных систем, конъюгированных со специфическими векторами.

2. Разработка способов патогенетического лечения наследственных болезней, а также методов генотерапии, включая генетические технологии редактирования генома соматических клеток.

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

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

5. Разработка, клиническая валидизация и внедрение алгоритмов персонализации применения жизненно важных лекарственных препаратов (в т.ч. оригинальных отечественных) на основе фармакогенетических, фармакокинетических исследований, а также новых биомаркеров (микроРНК, транскриптомных, протемонных, микробиомных и т.д.) у пациентов с социально значимыми заболеваниями.

6. Картирование и идентификация генов наследственных болезней, в том числе с использованием



полногеномного анализа. Изучение механизмов патогенеза наследственных болезней, молекулярно-генетический, эпигенетический и биоинформационный анализ основных заболеваний человека.

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

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

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

10. Разработка новых технологических платформ клеточной терапии с использованием аутологичных клеточных препаратов, технологий создания тканеинженерных конструкций, биодegradуемых конструкций и имплантатов, способных с течением времени замещаться нормальной тканью, технологий идентификации новых потенциальных мишеней, специфичных для опухолевой стволовой клетки.

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

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

### **Перспективы развития профилактической медицины**

1. Разработка научных основ совершенствования государственной политики, законодательной и нормативно-правовой базы по проблемам экологии человека, гигиены и медицины окружающей среды, медицины труда, обеспечения химической и биологической безопасности населения Российской Федерации.

2. Разработка показателей, методик и критериев оценки неблагоприятного влияния факторов окружающей и производственной среды на здоровье человека.

3. Разработка научных основ формирования эффективной политики и стратегии в системе здравоохранения на основе комплексного научного анализа её деятельности и оценка динамики основных индикаторов здоровья населения.

4. Разработка технологий здоровьесбережения, в том числе научных основ профилактики основных заболеваний человека.

5. Разработка информационных систем прогнозирования влияния экологических факторов на здоровье, технологии снижения риска развития эколого-зависимых состояний и заболеваний, мониторинг природно-очаговых инфекционных заболеваний.

6. 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.

7. Разработка национальной системы эпидемиологического надзора и мониторинга распространения устойчивости к противомикробным препаратам на территории Российской Федерации в клинической практике, продуктах питания, сельском хозяйстве и окружающей среде в рамках «One Health».

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

9. Разработка системы диагностики и первичной профилактики нарушений пищевого статуса и алиментарно-зависимых заболеваний, создание лечебно-профилактических рационов питания для работающих во вредных условиях труда на основе оценки пищевого статуса и данных элементного, геномного, протеомного и метаболомного анализа.

10. Разработка национальной стратегии оптимального питания для различных групп детского и взрослого населения Российской Федерации, актуализация норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах.

11. Разработка системы оценки безопасности пищевой продукции, в том числе получаемой с помощью био- и нанобиотехнологий, ГМО, генной и белковой инженерии, синтетической биологии, поиск новых источников пищи.

12. Разработка высокочувствительных, селективных и прецизионных аналитических методов обнаружения, идентификации и количественного определения новых и потенциально опасных загрязнителей природного и антропогенного происхождения, расшифровка их молекулярных механизмов в действии.

13. Изучение особенностей метаболизма, расшифровка молекулярного механизма действия минорных биологически активных компонентов пищи и оценка их влияния на адаптивный потенциал.

14. Оценка физического развития и оптимизация питания различных возрастных групп населения РФ. Разработка здоровьесберегающих технологий на основе создания и применения витаминно-минеральных комплексов, специализированных пищевых продуктов для различных половозрастных и профессиональных групп населения.

15. Разработка технологий адаптивного управления организмом человека в экстремальных природно-климатических условиях Арктики.

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

17. Разработка принципов и подходов к персонализированной диетотерапии социально-значимых алиментарно-зависимых заболеваний с использованием генодиагностики и биомаркеров.

18. Создание новых технологий получения биотехнологических препаратов для профилактики и лечения инфекционных заболеваний, болезней адаптации и иммунной системы у коренного и пришлого населения Арктической зоны Российской Федерации.

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

20. Разработка новых подходов к конструированию нового поколения векторных вакцин

против заболеваний, вызываемых возбудителями с высокой степенью изменчивости, и вакцин на основе генно-инженерных технологий, методов обратной генетики и нанотехнологий.

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

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

23. Создание федерального криогенного банка биообразцов природных симбиотических микробиоценозов пищеварительного тракта человека в норме и при патологии.

24. Разработка и внедрение новых генетических технологий на основе CRISPR/CAS системы направленного редактирования генома для создания генотерапевтических и диагностических препаратов нового поколения.

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

## **Важнейшие достижения**

### **1. Научная разработка и создание Российской платформы агрегации данных о геномах вирусов VGARus для централизованного анализа динамики и структуры выявленных SARS-CoV-2 вариантов в Российской Федерации**

В 2021 году на базе ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора была разработана и создана Российская платформа агрегации данных о геномах вирусов (VGARus), с помощью которой осуществляется централизованный анализ динамики и структуры выявленных SARS-CoV-2 геновариантов в Российской Федерации (Рис. 127).

Алгоритм работы с данными Российской Платформы VGARus позволяет проводить как оперативный, так и ретроспективный эпидемиологический анализ распространения генетических вариантов SARS-CoV-2 за время пандемии с учетом всей информации о генетическом разнообразии возбудителя COVID-19, известной в Мире. Постановлением Правительства Российской Федерации № 448 от 23.03.2021 г. фактически был образован Научный Консорциум, в который вошли научные организации Роспотребнадзора, Министерства Здравоохранения Российской Федерации, ФМБА и других ведомств. На сегодняшний день к Российской Платформе подключено более **150** организаций, из них **37** проводят секвенирование геномов коронавируса и депонирование последовательностей геномов на VGARus для дальнейшего анализа. Помимо Российской Федерации, в проекте также участвуют Республика Армения и Республика Беларусь, что позволяет проводить мониторинг изменчивости патогенов и на территориях соседних государств. Всего загружено более **235 000** последовательностей, в т.ч. более **145 000** – полные геномы.

Создание VGARus позволило обеспечить быстрый доступ для органов эпидемиологического надзора и практического здравоохранения к данным о пандемических вирусах, сократить время между забором биологического материала во всех регионах страны и получением результатов секвенирования. Загрузка геномных данных осуществляется множеством секвенирующих лабораторий с выполнением централизованного и единообразного анализа. Имеется возможность оперативной выгрузки результатов анализа, позволяющих оценивать и прогнозировать эпидемиологическую обстановку в стране. Таким

образом, разработка и реализация Российской Национальной Платформы VGARus стало не только шагом в реализации программы импортозамещения в области IT-технологий, но и важным инструментом для обеспечения эпидемиологического благополучия и биологической безопасности страны. (ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора).

Авторы: В.Г. Акимкин, К.Ф. Хафизов, А.С. Черкашина, А.А. Остроушко, Е.А. Евстифеев.

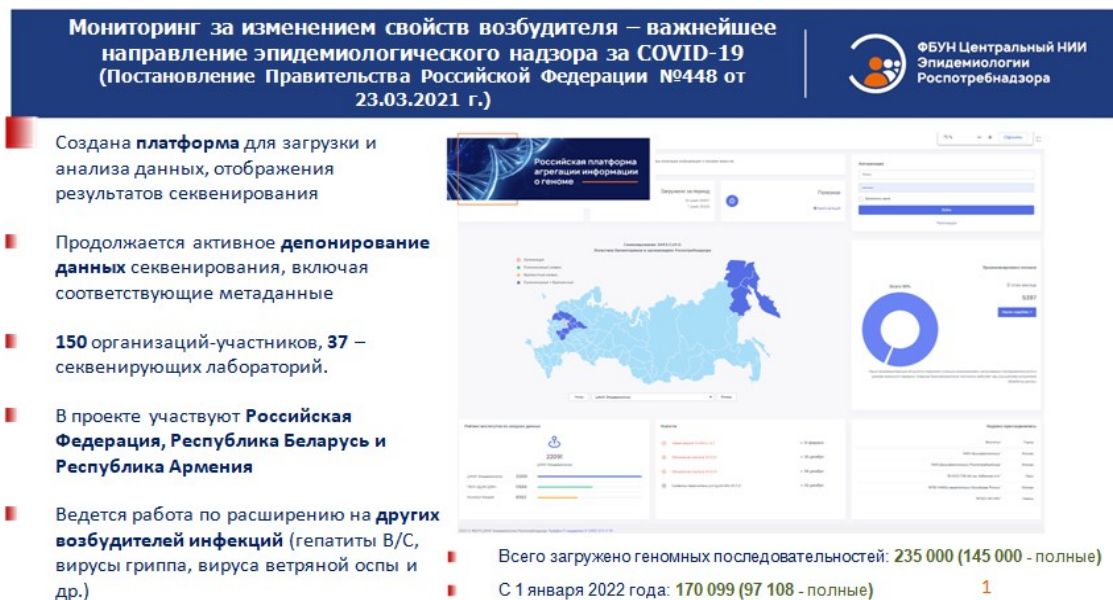


Рис. 127. Платформа VGARus – важнейший инструмент эпидемиологического надзора за инфекционными болезнями

## 2. Перфузионные методы и технологии для обеспечения трансплантации жизненно важных органов у детей и взрослых

**Сущность:** создана технология перфузии вне организма (ex vivo) донорских легких, позволяющая не только сохранять, но и реабилитировать донорский орган для трансплантации. Созданы отечественные системы вспомогательного кровообращения для двухэтапной трансплантации сердца у детей и взрослых (Рис. 128).

**Новизна:** Новыми являются технологии ex vivo перфузии исходно скомпрометированных донорских легких, перфузионный раствор, одноразовые материалы.

Оригинальные конструкции отечественных систем вспомогательного кровообращения зарегистрированы в форме двух международных заявок на патенты.

**Значимость:** Увеличение доступности и числа трансплантаций сердца, легких для детей и взрослых, улучшение клинических результатов трансплантации. Разработанные технологии позволят отказаться от дорогостоящих зарубежных аналогов. (НМИЦ трансплантологии и искусственных органов им. ак. В.И. Шумакова)

Авторы: академик РАН Готье С.В., д.б.н. Иткин Г.П., к.м.н. Пашков И.В., к.м.н. Грудинин Н.В.

Публикации:

1. Готье С.В., Цирульникова О.М., Пашков И.В. и др. Нормотермическая ex vivo перфузия изолированных легких в эксперименте с использованием отечественного перфузионного аппаратного комплекса. Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2022; 24(2):94-101. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2022-2-94-101>

2. Готье С.В., Цирульникова О.М., Пашков И.В. и др. Оценка эффективности разработанного

перфузионного раствора для нормотермической ex vivo перфузии легких по сравнению со Steen Solution™ (экспериментальное исследование). Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2021;23(3):82-89. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2021-3-82-89>



Рис. 128. Инновационные технологии для обеспечения трансплантации жизненно важных органов у детей и взрослых.

### 3. Разработка и производство металлоконструкций при деформациях и травмах позвоночника у детей раннего возраста - транспедикулярная спинальная система 3,5 мм

Впервые в России разработана новая отечественная металлоконструкция для хирургического лечения детей первых лет жизни с врожденными деформациями позвоночника и тяжёлыми нестабильными переломами тел позвонков (Рис. 129).

Использование спинальной системы позволяет достичь 95-100% коррекции врожденной деформации позвоночника, стабилизировать только один позвоночно-двигательный сегмент при тяжелых переломах позвоночника с нормализацией сагиттального и фронтального профиля позвоночного столба.

Разработанная технология не оказывает отрицательного влияния на темпы роста и объём движений позвоночника в процессе развития ребёнка. (НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера Минздрава России)

Авторы: чл.-корр. РАН Виссарионов С.В., к.м.н. Кокушин Д.Н., к.м.н. Хусаинов Н.О.

Публикация:

Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Филиппова А.Н. с соавт. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения детей дошкольного и младшего школьного возраста с врожденной деформацией позвоночника при изолированном полупозвонке // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. - 2022. - Т. 10. - №2. - С. 121-128. doi: [10.17816/PTORS100338](https://doi.org/10.17816/PTORS100338)



Рис. 129. Разработанные металлоконструкции и установочный инструментарий.

Регистрационное удостоверение ФСР 2010/06876. Набор пластин, винтов, фиксаторов и инструментов для остеосинтеза. Производитель фирма Медин-Урал (г. Екатеринбург)

#### 4. Разработка таргетного препарата, обладающего выраженной противоопухолевой активностью

**Суть проекта:** Создана компьютерная программа моделирования молекулярной динамики процесса связывания веществ с биологической молекулярной мишенью – Биоэврика, которая оптимизирована для выполнения на современных вычислительных модулях CUDA с технологией массового параллелизма. На основе разработанной виртуальной модели синтезировано новое противоопухолевое цитостатическое вещество Натриевая соль 4-{ 2-[2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-винил]-6-этил-4-оксо-5-фенил-4Н-пиримидин-1-ил}-бензсульфамида (производное оксопиримидина); обладает выраженной цитостатической активностью (Рис. 130), в результате которой происходит торможение роста меланомы B16/F10 (76,2% - 99,9%), что способствует увеличению в 1,6 раза продолжительности жизни мышей линии C57BL/6.

**Перспективы применения:** компьютерная программа Биоэврика позволит производить поиск и направленный синтез таргетных противоопухолевых лекарственных препаратов с различными молекулярными механизмами действия, а также прогнозировать биологическую активность веществ при их взаимодействии с молекулярными мишенями (рецепторами и др.);

импортозамещение известных зарубежных препаратов с выраженной противоопухолевой активностью – блокаторов рецепторов эпидермального фактора роста (EGF-R) (**НМИЦ онкологии Минздрава России**)

Руководитель проекта: академик РАН Кит О.И.<sup>2(1)</sup>; участники проекта: д.ф.н. Кодониди И.П.<sup>(2)</sup>, к.ф.н. Глушко А.А.<sup>(2)</sup>, д.б.н. Франциянц Е.М.<sup>(1)</sup>, д.ф.н. Оганесян Э.Т.<sup>(2)</sup>, д.м.н. Черников М.В.<sup>(2)</sup>, д.м.н. Каплиева И.В.

2 (1) – ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, Ростов-на-Дону; (2) - Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, Пятигорск

<sup>(1)</sup>, к.ф.н. Аненко Д.С.<sup>(2)</sup>, Чиряпкин А.С.<sup>(2)</sup>

Публикация:

Кит О.И., Кодониди И.П., Глушко А.А., Франциянц Е.М., Оганесян Э.Т., Черников М.В., Каплиева И.В., Аненко Д.С., Чиряпкин А.С. Натриевая соль 4-{ 2-[2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-винил]-6-этил-4-оксо-5-фенил-4Н-пиримидин-1-ил}-бензсульфамида, обладающая противоопухолевым действием. **Патент на изобретение** RU 2 763 899 С1, Бюлл. №24 от 11.01.2022.

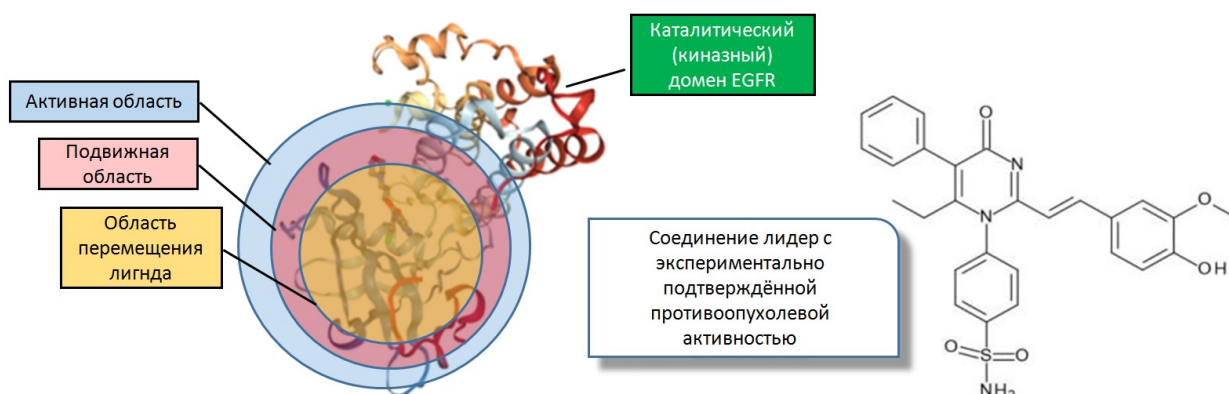


Рис. 130. Новый таргетный препарат, обладающий выраженной противоопухолевой активностью

## 5. Новые биомаркеры, определяющие риск когнитивных расстройств (Рис. 131)

**Сущность работы.** Церебральная микроангиопатия (ЦМА), т.е. патологическое изменение вещества головного мозга вследствие поражения мелких артерий, является значимой причиной сосудистых, дегенеративных и смешанных когнитивных расстройств (КР), особенно у лиц пожилого возраста, а также основным модифицируемым фактором риска болезни Альцгеймера. Крайне важной задачей является поиск инструментальных биомаркеров КР, определяющих индивидуальный прогноз пациентов.

**Выход.** В исследовании изучались биомаркеры КР при ЦМА на основании данных наиболее современных режимов нейровизуализации и параметров крови. Диффузионно-тензорная МРТ (ДТ-МРТ) проводилась у 188 пациентов с ЦМА и 53 здоровых добровольцев на 2 высокопольных томографах. В анализ включались значения 29 областей интереса для 4 метрик ДТ-МРТ. Согласно модели бинарной логистической регрессии, наибольшей предсказательной способностью в отношении КР обладает величина аксиальной диффузии в заднесреднем отделе мозолистого тела: превышение ее порогового значения (0,002) позволяет сделать заключение о высокой вероятности развития КР. Оценка индивидуальной чувствительности к воздействию на эритроциты натрия хлорида по показателям соль-чувствительности и осморезистентности проводилась у 125 пациентов с ЦМА и 19 здоровых добровольцев. Превышение порогового значения соль-чувствительности (8,5 мм/ч) сопряжено с такими проявлениями ЦМА, как выраженная гиперинтенсивность белого вещества, повышенная проницаемость гематоэнцефалического барьера, микроструктурные изменения вещества мозга, нарушения ходьбы, а превышение порогового значения осморезистентности (0,62 ед.аб.) – с когнитивными и психоэмоциональными расстройствами. Связь повышенной соль-чувствительности и осморезистентности с тяжестью клинических и МРТ-признаков позволяют рассматривать их как самостоятельные факторы риска развития ЦМА.

**Перспективы.** Установленные предикторы КР раскрывают механизмы поражения головного мозга при ЦМА, могут использоваться в качестве инструментальных биомаркеров КР и определяют индивидуальные направления профилактики. (ФГБНУ «Научный центр неврологии»)

Авторы: д.м.н. Добрынина Л. А., к.м.н. Гаджиева З. Ш., к.м.н. Шамтиева К. В., к.м.н. Кремнева Е. И,

д.м.н. Кротенкова М. В., д.м.н. Шабалина А. А.

Публикации:

1. Добрынина Л. А., Гаджиева З. Ш., Шамтиева К. В. и соавт. Предикторы и интегративный показатель тяжести когнитивных расстройств при церебральной микроангиопатии. Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2022;122(4):52–60.
2. Добрынина Л. А., Шабалина А. А., Шамтиева К. В. и соавт. Соль-чувствительность и осморезистентность – факторы риска возраст-зависимой церебральной микроангиопатии. Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2021; 121(3): 77–85.
3. Dobrynina LA, Gadzhieva ZS, Shamtieva KV et al. Microstructural Predictors of Cognitive Impairment in Cerebral Small Vessel Disease and the Conditions of Their Formation. Diagnostics. 2020; 10(9):720.

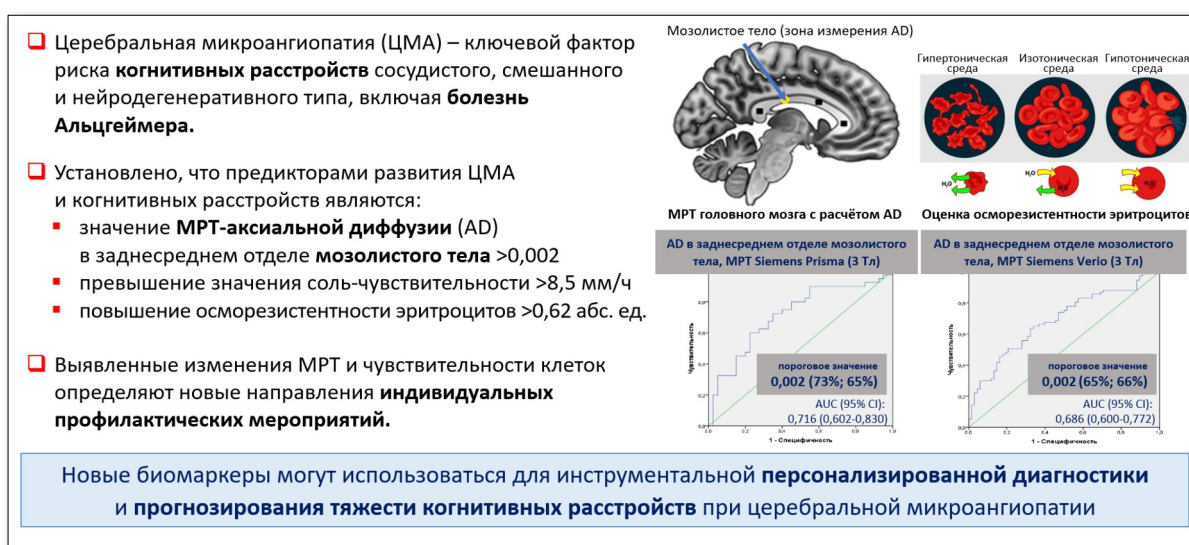


Рис. 131. Новые биомаркеры, определяющие риск когнитивных расстройств

## 6. Органосохраняющее и функциональное хирургическое лечение детей с опухолями головы и шеи

**Краткое описание:** Внедрение органосберегающих методик, которые позволяют точно подвести необходимую дозу нужного лекарственного препарата на внутриглазную опухоль - ретинобластому как в сочетании с системной химиотерапией (СХТ), так и в монорежиме.

(Наивысшая оценка по уровню качества и научной значимости)

**Возможные сферы применения:** офтальмоонкология, органосохраняющее лечение при ретинобластоме в рамках высокотехнологичной медицинской помощи (**НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, НИИ детской онкологии и гематологии им. академика РАМН Л.А. Дурнова**)

Руководители работы: академик РАН Поляков В.Г., д.м.н. Ушакова Т.Л



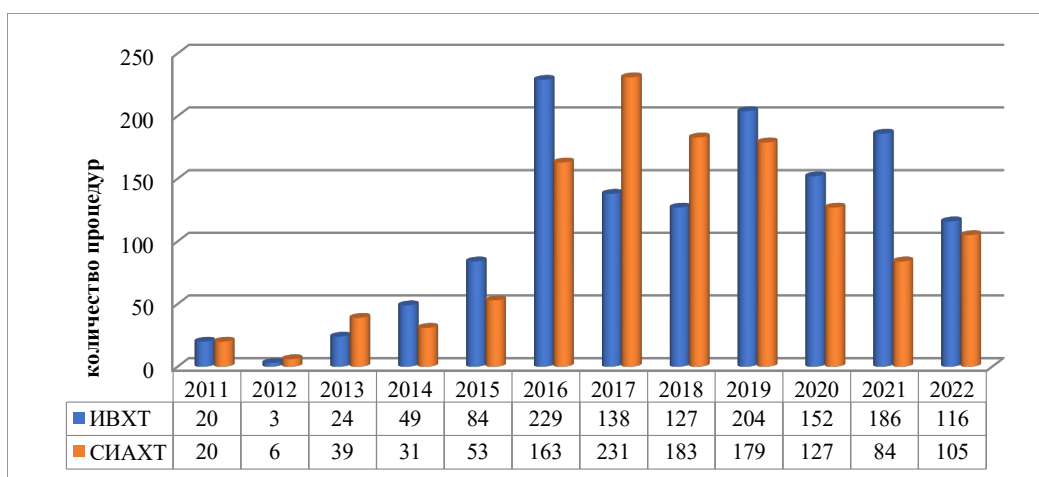


Рис. 132. Количество процедур у детей с ретинобластомой, кому проведено органосохраняющее лечение

### 7. Циркулирующая микроРНК miR-499 как потенциальный маркер гипертрофической кардиомиопатии, вызванной мутациями в гене *MYH7*

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) — самое распространенное наследственное заболевание миокарда со значительной генетической гетерогенностью. Регуляторные некодирующие молекулы микроРНК, способные свободно циркулировать в плазме крови, могут стать новыми перспективными биомаркерами патологических процессов, происходящих при ГКМП, повысить точность диагностики и способствовать лучшему пониманию механизма формирования фенотипа заболевания для последующей разработки патогенетического лечения.

Проведенное нами полное профилирование микроРНК плазмы крови у пациентов с ГКМП и здоровых индивидов впервые выявило значимые различия уровней miR-499-5p между этими группами. Второй, валидационный, этап исследования показал, что пациенты с ГКМП, носители распространенных мутаций в гене *MYH7*, имели значимо более высокие уровни miR-499a-5p по сравнению как с больными, носителями мутаций в гене *MYBPC3* ( $p=0.0003$ ), так и с другими больными ( $p=0.0008$ ), а также по сравнению с контролем ( $p<0.0001$ ) (Рис. 133). MiR-499a-5p оказался высокоспецифичным циркулирующим биомаркером ГКМП, вызванной мутациями в гене *MYH7* ( $AUC=0.95$ ). Полученные результаты впервые продемонстрировали возможности генотип-ориентированного подхода при поиске маркеров ГКМП. (НМИЦ им. ак. Е.И. Чазова Минздрава России)

Авторы: к.б.н. Баулина Н.М., Писклова М.В., к.б.н. Киселев И.С., к.м.н, Чумакова О.С., д.м.н. Затейщиков Д.А., руководитель работы д.б.н. Фаворова О.О.

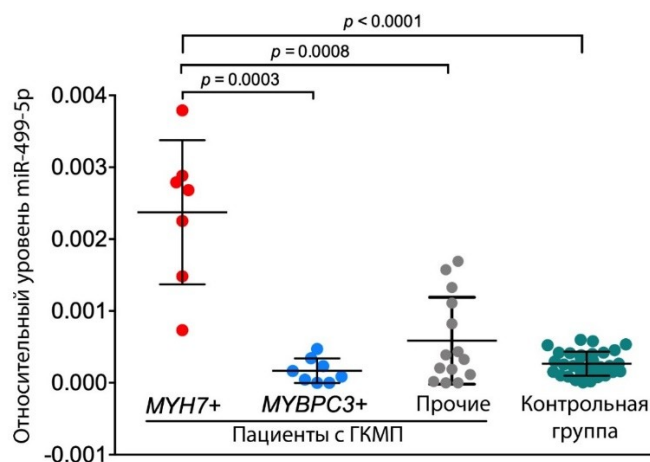


Рис. 133. Относительные уровни miR-499-5p в плазме крови пациентов с ГКМП, несущих мутации в генах *МУН7* и *МУВРС3*, всех прочих пациентов и в контрольной группе здоровых

#### 8. Новый препарат для диагностики злокачественных опухолей ЦНС на основе пептида RAS70-RGD (Рис. 134)

Синтезирован мишеный пептид RAS70-RGD, состоящий из 17-ти аминокислот, который способен специфически связываться с белком теплового шока Hsp70, который, в свою очередь, широко представлен на поверхности мембраны раковых, но не здоровых клетках организма. По данным конфокальной микроскопии было показано, что пептид, меченный флуорофором (светящейся меткой) специфически накапливался в клетках опухолей головного мозга по сравнению с контрольными пептидами. Эти же результаты были подтверждены по данным проточной цитометрии и другими методиками. На клеточных линиях глиобластомы с моделированием гемато-энцефалического барьера (ГЭБ) было показано, что пептид RAS70-RGD способен преодолевать барьер, накапливаясь в раковых клетках. Это чрезвычайно важно для препарата, нацеленного на опухоли мозга, поскольку другие диагностические препараты плохо проникают в нервную ткань. Полученные данные подтверждают необходимые мишенные свойства пептида, что позволяет рассматривать его как перспективный препарат для использования во время операции, для того чтобы отличить пораженную опухолью ткань от здоровой и минимизировать удаление опухолевой массы. В перспективе препарат может стать тераностической парой (использоваться и для лечения, и для диагностики). (НМИЦ им. В. А. Алмазова Минздрава России)

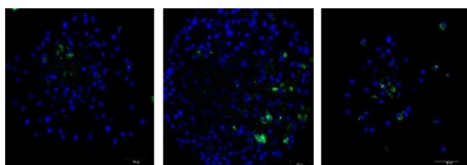
Руководители проекта: д.б.н. Шевцов М.А., д.м.н. профессор РАН, Самочерных К.А..

## Пептид RAS70-новый препарат для диагностики злокачественных опухолей

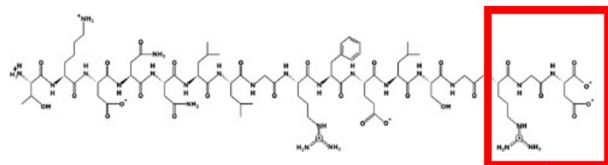
Среднегодовой показатель заболеваемости злокачественными опухолями головного мозга и другими опухолями ЦНС составляет 7,08 на 100 000 человек. Среднегодовой уровень смертности составляет 4,42 на 100 000 человек. Пятилетняя выживаемость после постановки диагноза только 35,8%. Хирургическое лечение очень часто либо не захватывает все пораженные участки, либо повреждает здоровую ткань и вызывает инвалидизирующие осложнения. Важно во время операции иметь возможность отличить границу здоровой и пораженной ткани.

В Центре синтезирован мишеный пептид RAS70-RGD, состоящий из 17-ти аминокислот, который способен специфически связываться с белком теплового шока Hsp70, который широко представлен на поверхности мембраны раковых, но не здоровых клетках организма. Показано, что пептид, меченный флуорофором (светящейся меткой) специфически накапливался в клетках опухолей головного мозга по сравнению с контрольными пептидами. Пептид можно использовать во время операции, для того чтобы отличить пораженную опухолью ткань от здоровой и минимизировать удаление опухолевой массы. В перспективе препарат может стать тераностической парой (использоваться для лечения, и для диагностики, если соединить его с цитотоксическим препаратом).

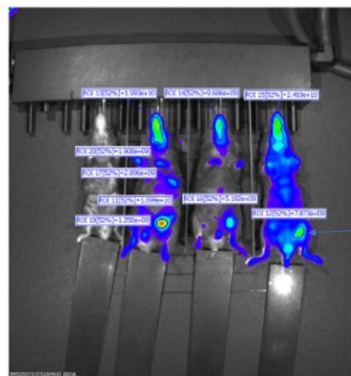
### Конфокальная микроскопия накопления пептида в сфероиде глиомы



### Линейная структура RAS70-RGD пептида



Концевой фрагмент, связывающийся с белком теплового шока на поверхности клеток опухоли



Результаты доклинических исследований - накопление пептида в ткани опухоли, привитой экспериментально животному.

Рис. 134. Создание нового препарата для диагностики злокачественных опухолей ЦНС на основе пептида RAS70-RGD

**9. Новый препарат рифампицина, инкапсулированного в полимер молочной кислоты (RIF-PLLA NPs), нетоксичен для моноцитов и макрофагов и снижает активность P-gr за счёт активации процесса фагоцитоза (Рис. 135).**

**Новизна и сущность результата:** Один из подходов ингибирования (мультилекарственный транспортер, опосредующий снижение эффективности химиотерапии) связан с активацией фагоцитоза, приводящего к снижению функциональной активности P-gr. В отличие от свободного рифампицина (RIF), проникающего в клетки путем диффузии, новая форма противотуберкулезного препарата, инкапсулированного в полимер молочной кислоты (RIF-PLLA), попадает в макрофаги путем эндоцитоза/фагоцитоза. Полимер молочной кислоты разрешен к медицинскому применению, что является его серьезным преимуществом перед другими формами биоразлагаемых полимеров. Выявлены новые ценные терапевтические свойства новой формы рифампицина: он нетоксичен для клеток человека, активирует фагоцитоз в макрофагах человека, в результате чего ингибируется активность P-gr.

**Значимость результата:** Новый препарат предназначен для повышения эффективности лечения туберкулеза легких. Разработка инкапсулированных противотуберкулезных препаратов – активаторов фагоцитоза, направленно влияющих на определенные свойства макрофагов человека, имеет высокую практическую значимость для клинической медицины. (ЦНИИ туберкулеза)

Авторы: д.б.н. Ерохина М.В., Павлова Е.Н., м.н.с. Тарасова Е.К., д.б.н. Лепеха Л.Н., член-корреспондент РАН Эргешов А.Э.

### Публикации:

Ерохина М.В., Павлова Е.Н., Тарасова Е.К., Курынина А.В., Поташникова Д.М., Лепеха Л.Н., Эргешов А.Э., Онищенко Г.Е. Наночастицы полимера молочной кислоты с рифампицином снижают активность мультилекарственного транспортёра P-gr в макрофагах человека. *Вестник Московского университета. Серия 16: Биология*, издательство Изд-во Моск. ун-та (М.), 2022, том 77, № 3, с. 166-172

M. V. Erokhina, E. N. Pavlova, E. K. Tarasova, A. V. Kurygina, D. M. Potashnikova, L. N. Lepekha, A. E. Ergeshov, and G. E. Onishchenko. Nanoparticles of lactic acid polymer with rifampicin decrease the p-gp multidrug transporter activity in human macrophages. *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, 77(3):166–172, 2022.

**Разработана новая эффективная форма противотуберкулезного препарата рифампицина**

**ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»**

д.б.н. Ерохина М.В., Павлова Е.Н., Тарасова Е.К., д.б.н., проф. Лепеха Л.Н., член-корр. РАН, проф., д.м.н. Эргешов А.Э.

- ❑ Туберкулез легких – социально-значимое заболевание, вызываемое микобактериями туберкулеза (*M. tuberculosis*).
- ❑ Установлено, что активность мультитекарственного транспортера *P-gp* снижает эффективность одного из лучших противотуберкулезных препаратов рифампицина
- ❑ Разработан и протестирован новый препарат на основе рифампицина, инкапсулированного в наночастицы полимера молочной кислоты (*RIF-PLLA NPs*)
- ❑ Выявлены **ценные терапевтические свойства** новой формы рифампицина:
  - ❑ Нетоксичен для клеток человека
  - ❑ Активирует фагоцитоз, что способствует ингибированию мультитекарственного транспортера *P-gp* и эффективному уничтожению возбудителя



**Новый препарат рифампицина предназначен для повышения эффективности лечения туберкулеза, демонстрирует актуальность и перспективность создания инкапсулированных противотуберкулезных препаратов – активаторов фагоцитоза**

Рис. 135. Новая эффективная форма противотуберкулезного препарата рифампицина

**10. Первый в России и мире опыт применения селективного ингибитора семейства янус-киназ (JAK) тофацитиниба для лечения орфанного заболевания - прогрессирующей оссифицирующей фибродисплазии (ФОП) у детей.**

В НИИ ревматологии им. В.А. Насоновой впервые в мире и России получен опыт применения селективного ингибитора янус-киназ (JAK) – тофацитиниба для лечения прогрессирующей оссифицирующей фибродисплазии (ФОП) у детей (Рис. 136). Применение тофацитиниба у 19 детей с ФОП позволило достигнуть практически полного подавления локальной активности в области очагов (узлов), прекращение приема глюкокортикоидов у всех 9 пациентов, имевших выраженную «стероидозависимость», улучшение подвижности крупных суставов (плечевых, локтевых) и шейного отдела позвоночника при отсутствии нежелательных реакций. У 9 пациентов, подвергшихся повторному инструментальному обследованию, наблюдалась значительная регрессия активности поражения илео-сакральных и тазобедренных суставов по данным МРТ. У 15 из 19 пациентов на фоне терапии тофацитинибом количество «вспышек» заболевания снизилось в среднем с 7 (от 2 до 12) до 0-1. (НИИР им. В.А. Насоновой)

## Первый в России и мире опыт применения ингибиторов янус-киназ в лечении фибродисплазии оссифицирующей прогрессирующей

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии имени В.А. Насоновой»  
Чл.-кор. РАН д.м.н. проф. Лиля А.М., к.м.н. Никишина И.П., м.н.с. Маткава В.Г.

- ❑ Фибродисплазия оссифицирующая прогрессирующая (ФОП) – ультраредкое генетическое заболевание, характеризующееся неконтролируемым остеогенезом с образованием множественных гетеротопических оссификатов в мягких тканях (мышцах, связках и др.).
- ❑ В НИИ ревматологии им. В.А. Насоновой впервые в России и мире получен опыт применения селективного ингибитора янус-киназ (ЯК) – тофацитиниба (ТОФА) для лечения этого заболевания у детей
- ❑ Применение ТОФА у 20 детей с ФОП позволило достигнуть практически полного подавления локальной воспалительной активности в области очагов поражения, отмены глюкокортикоидов у всех пациентов, имевших выраженную зависимость от них, улучшение подвижности в крупных суставах и позвоночнике. У 80% пациентов на фоне терапии ТОФА количество «вспышек» заболевания снизилось в среднем с 7 (от 2 до 12) до 0-1.



- Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения тофацитиниба для таргетного лечения ФОП с целью торможения прогрессирования клинических проявлений данного тяжелого генетического заболевания
- Терапия тофацитинибом сопровождалась значимым улучшением качества жизни больных детей и снижением социально-экономического бремени для их семей

Рис. 136. Уникальный опыт применения ингибиторов янус-киназ в лечении оссифицирующей прогрессирующей фибродисплазии

### 11. Разработка бесклеточного матрикса из пуповины человека для стимуляции регенеративных процессов заживления глубоких ран

В 2022 г. авторами завершен этап научно-исследовательской работы «Исследование регенеративных свойств бесклеточного продукта пуповины человека в восстановлении поврежденных тканей в эксперименте». Целью исследования было изучение регенеративных свойств бесклеточного матрикса из пуповины человека на моделях повреждений тканей. Состав и структура разработанного бесклеточного матрикса определяют его регенеративный потенциал (Рис. 137).

В 2022 г. проект «Разработка инновационного бесклеточного продукта из провизорных органов для стимуляции регенеративных процессов заживления глубоких ран» стал победителем Всероссийского конкурса «Всероссийская научная школа «Медицина Молодая» в номинации Совета Евразийского Женского Форума и получил премию Международного фонда развития биомедицинских технологий имени В.П. Филатова. Проект «Сохранность гликозаминогликанов в процессе изготовления гидрогеля из бесклеточного матрикса пуповины человека» был награжден дипломом I степени на VI Дальневосточном медицинском молодежном форуме с международным участием. (Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова Минобороны России)

Авторы: д.м.н. Глушаков Р.И., д.м.н. Калюжная-Земляная Л.И.

Публикации по теме за 2022 г.:

1. Биологические эффекты бесклеточного тканеинженерного продукта из пуповины человека / А.А. Кондратенко, Д.В. Товпеко, Л.И. Калюжная // Патогенез. – 2022. – Т. 20 - №4 - С. 53-62
2. Неиммуногенность бесклеточного тканеинженерного продукта из пуповины человека / З.В. Бей, А.В. Милаев // Материалы XXVIII Всероссийской конференции молодых учёных с международным участием «Актуальные проблемы биомедицины». – 2022. – С. 29-30
3. Тканеинженерный продукт из пуповины человека для заживления ран / А.А. Кондратенко, Д.В. Товпеко, Л.И. Калюжная, В.Е. Чернов // Гены и клетки. – 2022. – Т. 17. - №3. – С. 118.

4. Изготовление бесклеточного продукта из высокорегенеративного материала пуповины человека для лечения глубоких ран / Д.В. Товпеко, А.А. Кондратенко, Л.И. Калюжная, В.Е. Чернов // Гены и клетки. – 2022. – Т. 17. - №3. – С. 231.

5. Биологическая активность тканеинженерного продукта из пуповины человека после длительного хранения / М.В. Руснак, А.А. Кондратенко, Д.В. Товпеко, Л.И. Калюжная // Сборник тезисов IX Международной конференции молодых ученых: вирусологов, биотехнологов, биофизиков, молекулярных биологов и биоинформатиков» в рамках площадки открытых коммуникаций OPENBIO. Наугоград Кольцово, 2022.- С.243.

6. Сохранность гликозаминогликанов в процессе изготовления гидрогеля из внеклеточного матрикса пуповины человека / М.В. Руснак, Л.И. Калюжная-Земляная, А.А. Кондратенко // Материалы VI Дальневосточного медицинского молодежного форума «Актуальные вопросы современной медицины». Хабаровск, 2022. – С. 87.



Рис. 137. Внешний вид тканеинженерного матрикса

## **12. Разработка технологий спасения жизни и конечностей раненых и пострадавших с тяжелыми повреждениями живота, таза, конечностей**

При поддержке программы академического лидерства «Приоритет-2030» в 2022 г. проведен комплекс экспериментальных работ (на крупных (свиньи и овцы) и средних (кроли) биообъектах), направленных на изучение эффективности разработанной гемостатической пенополиуретановой композиции для остановки продолжающегося внутрибрюшного кровотечения и оценку возможности применения метода экстракорпоральной перфузии конечности (ЭПК) при ее тяжелой ишемии. Дополнительно обе эти технологии были успешно апробированы в ходе военно-медицинских учений «Очаг-2022».

Впервые в мире применен разработанный метод ЭПК, заключающийся в формировании контура экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО), подключаемого вне зоны повреждения магистральной артерии и позволяющего нагнетать кровь в ишемизированную конечность из любой магистральной вены нижней или верхней половины туловища до момента окончательного восстановления кровотока (Рис. 138). После эксперимента на 21 животном, показавшем сохранение достаточного уровня перфузии, возможности временной ЭПК также были изучены на кадаверном материале. Во всех 5 случаях удалось запустить кровоток в конечность, что было подтверждено данными ангиографии. После того как было показано, что ЭПК является технически осуществимой, эта технология была впервые реализована в

условиях клиники. Для остановки продолжающегося внутрибрюшного кровотечения разработана и изучена гемостатическая активность внутрибрюшного введения препаратов на основе хитозана и пенополиуретана, в том числе в сочетании с методом внешней компрессии области живота (Рис. 139). По результатам исследования были отобраны две эффективные рецептуры на основе 5% лактат хитозана (гель) и 20% формиат хитозана (паста) с возможностью доставки путем лапароцентеза и прямого нанесения на источник кровотечения соответственно. Выявлена достаточно высокая гемостатическая активность, отмечена локальная реакция воспалительного характера со стороны брюшины, которая была наиболее выражена для препарата на основе 20% формиат хитозана. Установлено, что к концу 21-х суток наблюдения (группа с максимальным сроком эксперимента) процессы биодegradации продолжаются – основная масса препарата потеряла более половины своего веса от первоначального.

Разработанные технологии перспективны для внедрения в алгоритмы оказания помощи раненым и пострадавшим мирного и военного времени, в том числе при оказании догоспитальной помощи. (**Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова Минобороны России**)

Авторы: д.м.н. Рева В. А., д.м.н. Самохвалов И. М., д.м.н. проф. Бадалов В. И.

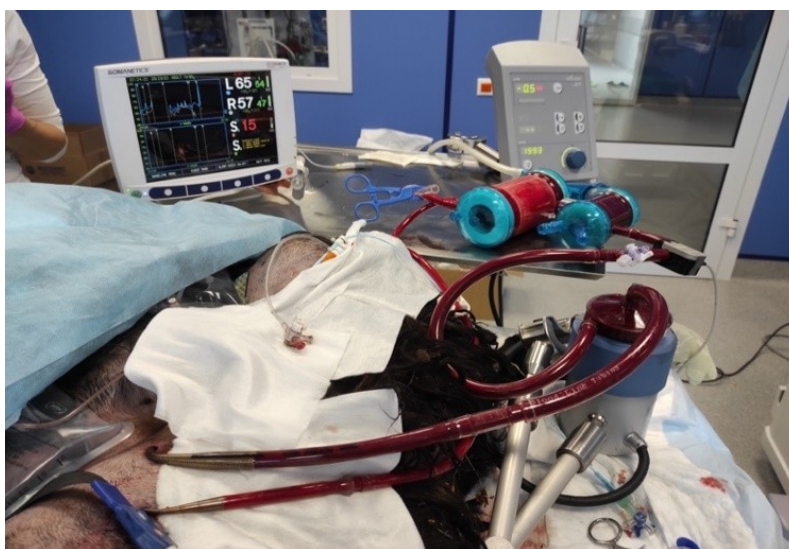


Рис. 138. Экстракорпоральная перфузия ишемизированной конечности в эксперименте



Рис. 139. Внутривентриальное введение пенополиуретановой композиции в живот экспериментального животного в ходе учений «Очаг-2022»

### **13. Новый способ мультиплексного выявления аутоантител в сыворотке крови при аутоиммунном полигландулярном синдроме I типа**

Получен патент «Способ выявления аутоантител в сыворотке крови, ассоциированных с АПС I типа, на гидрогелевом биочипе». Данный метод позволяет из небольшого количества сыворотки одновременно определять наличие 9 различных аутоантител, специфичных для аутоиммунных эндокринопатий и для АПС I типа в частности. В настоящее время ведется работа по расширению, валидации и патентованию новых диагностических панелей для мультиплексного иммуноанализа на основе гидрогелевого биочипа (Рис. 140, Рис. 141).

Технология позволяет проводить скрининг пациентов группы риска для прогнозирования развития и своевременной диагностики АПС I типа и других аутоиммунных заболеваний, в том числе жизнеугрожающих, используя небольшое количество биологического материала. Себестоимость исследования меньше по сравнению с доступными методами лабораторной диагностики в несколько раз. Анализ некоторых антител, которые могут быть исследованы при помощи биочипа, в рутинной клинической практике в настоящее время и вовсе не осуществляется.

Метод мультиплексного иммуноанализа на гидрогелевом биочипе для выявления антител, характеризующих АПС I типа, является основой для создания тест-системы «АПС-БИОЧИП». Дальнейшая регистрация набора реагентов в Росздравнадзоре как медицинского изделия позволит применять его в практическом здравоохранении для диспансеризации групп риска. Тем самым следует ожидать устойчивого социально-экономического эффекта от применения созданной технологии за счет снижения инвалидизации населения и сокращения бюджетных ассигнований на лечение. **(НМИЦ эндокринологии Минздрава России)**

Авторы: академик РАН. Дедов И.И., академик РАН Мельниченко Г.А., член-корреспондент РАН Мокрышева Н.Г., член-корреспондент РАН Трошина Е.А., д.б.н. Грядунов Д.А., к.м.н. Юкина М.Ю., к.х.н. Савватеева Е.Н., к.х.н. Филиппова М.А., Нуралиева Н.Ф.

*Публикации:*

1. Шрёдер Е.В., Вагина Т.А., Конюхова М.Б., Нагаева Е.В., Ширяева Т.Ю., Захарова С.М.,



Дегтярев М.В., Вязьменов Э.О., Безлепкина О.Б. Эктопия щитовидной железы: особенности клиники и диагно-стики у детей // Проблемы эндокринологии. — 2022. — Т. 66. — №3. — С. 76-85.

2. Двойная эктопия щитовидной железы при врожденном гипотиреозе Шрёдер Е.В., Вагина Т.А., Дегтярёв М.В., Писарева Е.А., Конюхова М.Б., Щеглова О.С., Захарова С.М., Дмитриева М.О., Нагаева Е.В., Безлепкина О.Б. Сборник тезисов II конференции по орфанным забо-леваниям и детским эндокринным заболеваниям с международным участием: «Персонализированный подход в детской эндокриноло-гии» 29-30 марта 2022 года, онлайн формат. С 95.

3. Петеркова В.А., Безлепкина О.Б., Ширяева Т.Ю., Вагина Т.А., Нага-ева Е.В., Чикулаева О.А., Шредер Е.В., Конюхова М.Б., Макрецькая Н.А., Шестопалова Е.А., Митькина В.Б. Клинические рекомендации "Врожденный гипотиреоз"// Проблемы эндокринологии.- 2022.- Т.68.- №2.- С.90-103.



Рис. 140. Технология гидрогелевых биочипов.

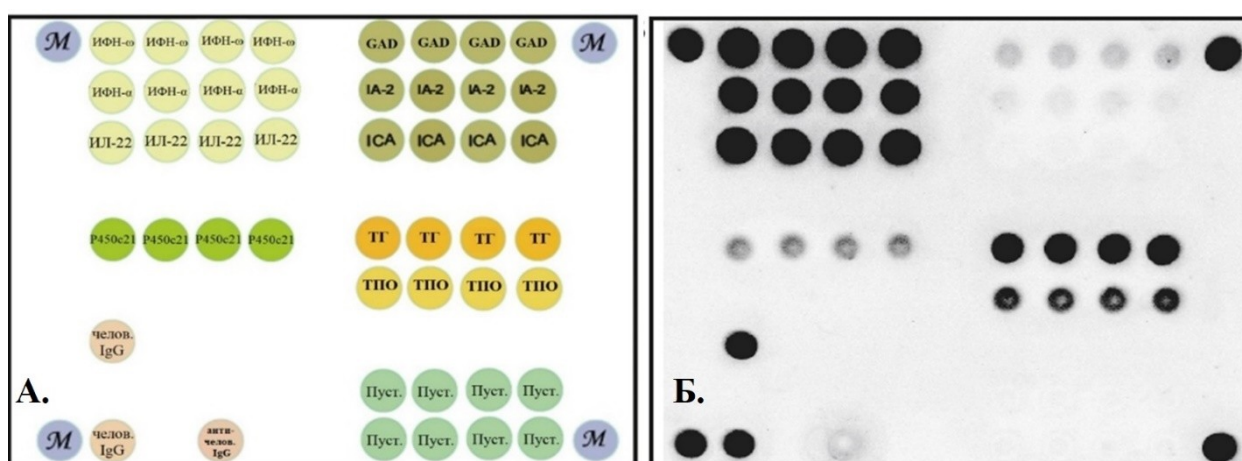


Рис. 141. А. Конфигурация биочипа.

ИФН- $\omega$  – интерферон- $\omega$ ; ИФН- $\alpha$  – интерферон- $\alpha$ ; ИЛ-22 – интерлейкин-22; P450c21 – 21-гидроксилаза; GAD – глутаматдекарбоксилаза; IA2 – тирозинфосфатаза; IC – антиген островковых клеток поджелудочной железы; ТПО – тиреоидная пероксидаза; ТГ – тиреоглобулин; М – маркер; человеческий IgG – человеческий иммуноглобулин класса G; античеловеческие АТ IgG – мышиные античеловеческие АТ класса G; Пуст. – референсные элементы геля без иммобилизованного протеина.

Б. Флуоресцентное изображение биочипа после анализа сыворотки пациента с АПС I типа. Обнаружены антитела к: ИФН- $\alpha$ , ИФН- $\omega$ , ИЛ-22, P450c21, GAD, ТГ, ТПО.

#### 14. Топическая диагностика при врожденном гипотиреозе

Встречаемость врожденного гипотиреоза в Российской Федерации составляет 1 случай на 3 060 новорожденных. Врожденный первичный гипотиреоз в 65-70% обусловлен дисгенезией щитовидной железы, в 30-35% - тиреоидным дисгенезом.

В рутинной клинической практике в Российской Федерации с целью визуализации тиреоидной ткани проводится ультразвуковое исследование. Выполнение сцинтиграфии включено в действующие клинические рекомендации по врожденному гипотиреозу, входит в перечень обследований и одобрено для проведения с рождения у детей с данной патологией. Предлагаемый метод двойной визуализации (Рис. 142), основанный на сочетании ультразвукового и радионуклидного исследований, позволяет устанавливать истинную причину дисгенезии при врожденном гипотиреозе в 100% случаев. Самым частым вариантом дисгенезии щитовидной железы является ее **эктопия (52,8% случаев)**: в корень языка, подъязычную область, двойная эктопия (в корень языка и подъязычную область), в предгортанную область; **аплазия – 35,9% и гипоплазия щитовидной железы – 11,3%.**

Комплексный метод визуализации выявил **эктопию** щитовидной железы в 52,8% случаев, **аплазию** в 35,9%, **гипоплазию** в 11,3% случаев.

Таким образом, использование двойного метода анатомо-функциональной визуализации тиреоидной ткани у пациентов с врожденным гипотиреозом позволяет детализировать топический диагноз, форму заболевания и определить прогноз. Выявление эктопированного очага тиреоидной ткани или врожденного зоба позволяет решить вопрос о необходимости и сроках радикального лечения. Полученные результаты могут быть ценными для проведения медико-генетического консультирования семей и обследования sibсов. Внедрение данной методики позволит усовершенствовать существующий алгоритм обследования детей с врожденным гипотиреозом и персонализировать лечение. **(НМИЦ эндокринологии Минздрава России)**

Авторы: академик РАН И.И. Дедов, член-корреспондент РАН Н.Г. Мокрышева, д.м.н. О.Б. Безлепкина, к.м.н. Т.А. Вадина, к.м.н. М.С. Шеремета, академик РАН В.А. Петеркова

##### *Публикации:*

Шрёдер Е.В., Вадина Т.А., Конюхова М.Б., Нагаева Е.В., Ширяева Т.Ю., Захарова С.М., Дегтярев М.В., Вязьменов Э.О., Безлепкина О.Б. Эктопия щитовидной железы: особенности клиники и диагностики у детей // Проблемы эндокринологии. — 2022. — Т. 66. — №3. — С. 76-85.

Е.В. Шрёдер, Т.А. Вадина, Т.Ю. Ширяева, Е.В. Нагаева, О.Б. Безлепкина. Топическая диагностика тиреоидной ткани у детей с дисгенезией щитовидной железы при врожденном гипотиреозе. Сборник тезисов. XVII Российская научно-практическая конференция детских эндокринологов «Достижения науки в практику детского эндокринолога» с. 53.

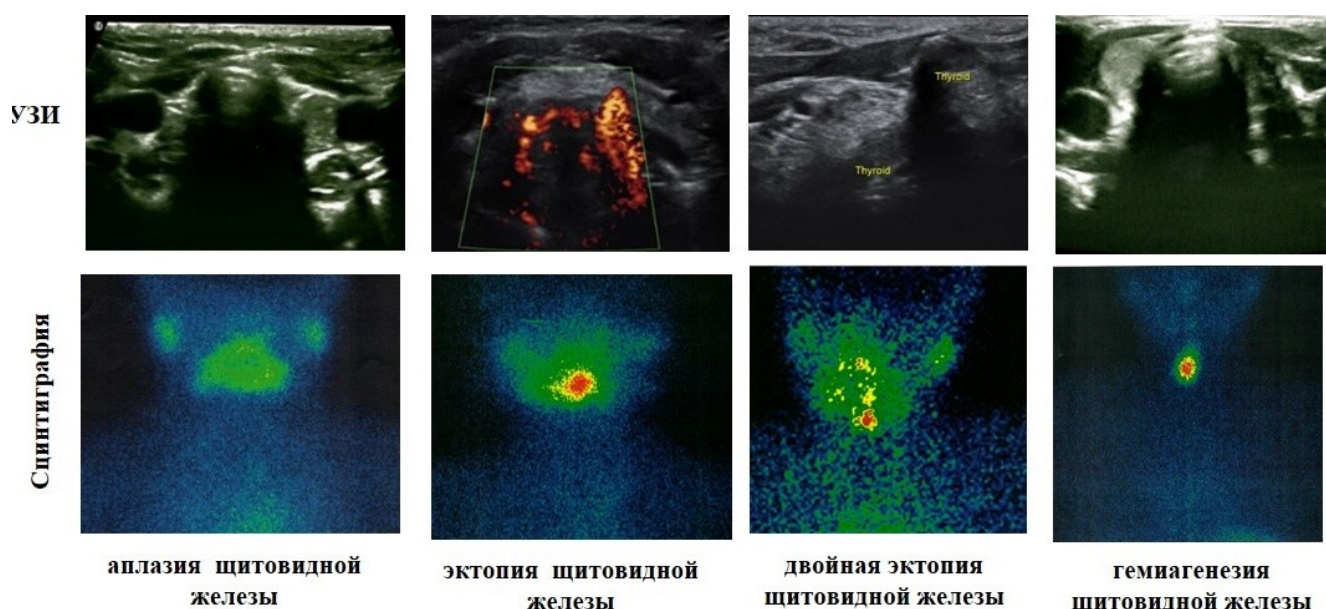


Рис. 142. Топическая диагностика при врожденном гипотиреозе методом двойной визуализации

### 15. Мобильное приложение для медицинского калькулятора «ECHO CARDIO CALCULATOR MOBILE»

Впервые в мире разработано мобильное приложение, работающее на платформе «Android», предназначенное для анализа и интерпретации количественных эхокардиографических показателей для лиц в возрасте от 1 дня до 65 лет. Приложение создано на основании массива количественных данных эхокардиографии более 100000 лиц, обследованных в НИИ кардиологии Томского НИМЦ. Приложение представляет собой удобный диагностический инструмент для реальной клинической практики: анализирует интересующие врача эхокардиографические параметры, сравнивает их с нормальными параметрами и работает в режиме консультации, выдавая заключение о выраженности отклонения от нормальных значений, что помогает при оценке риска осложнений, в том числе после проведенного кардиохирургического вмешательства. Приложение имеет дружелюбный графический интерфейс, рассчитанный на самостоятельную работу с ним, удобную цветовую индикацию выводимых результатов, работает на русском и английском языках (Рис. 143). Использование приложения позволяет сэкономить время врача за счет упрощения процесса ввода исходных данных, автоматизации расчетов и удобного отображения результатов. ОС: Android 6.0 и выше.

**Область применения:** 1. Кардиохирургия; 2. Кардиология; 3. Терапия; 4. Функциональная диагностика; 5. Телемедицина, мобильная медицина, дистанционное консультирование пациентов (Томский НИМЦ, Научно-исследовательский институт кардиологии)

Авторы: Брагин Д.С., Поспелова И.В., д.м.н. проф. Соколов А.А., к.м.н. Серебрякова В.Н., Черепанова И.В., к.м.н. Кавешников В.С., д.м.н. Бощенко А.А., академик РАН Попов С.В.

*Основные публикации:*

Pospelova I.V., Bragin D.S., Cherepanova I.V., Serebryakova V.N., Sokolov A.A., Kaveshnikov V.S. Development of mobile application for assessment of basic echocardiographic parameters in apparently healthy population // Telemedicine and e-Health. 2022. Т. 28. № 6. С. 815–822. (WoS, Sc Q1.)

Свидетельство № 2020662288 о государственной регистрации программы для ЭВМ Мобильное приложение для медицинского калькулятора «Echo Cardio Calculator Mobile» /Брагин Д.С., Поспелова И.В.,

Соколов А.А., Серебрякова В.Н., Черепанова И.В., Бощенко А.А. заявитель и правообладатель: Фед. Гос. бюдж. научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук». – № 2020618892 ; заявл. 11.08.2020 ; зарегистр. 12.10.2020 ; опубл 12.10.2020, Бюл. №10.

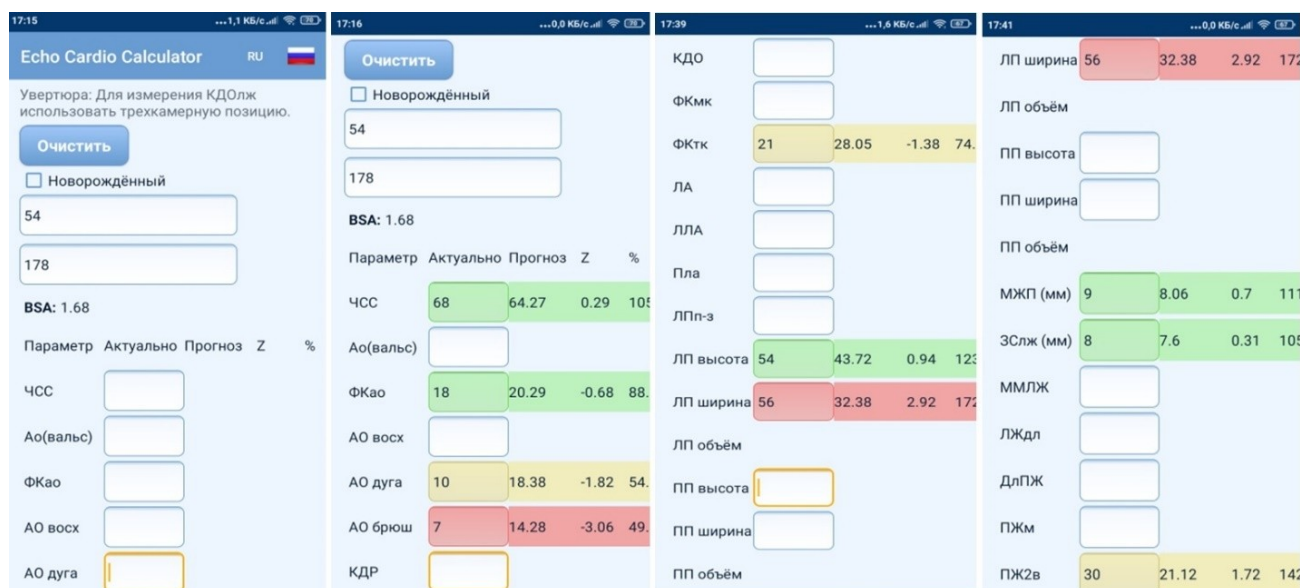


Рис. 143. Графический интерфейс мобильного приложения для медицинского калькулятора «ECHO CARDIO CALCULATOR MOBILE»

## Важнейшие научные результаты 2022 г., получившие наивысшую оценку по уровню качества и научной значимости

**1. Премия правительства в области науки и техники присуждена ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России за разработку и внедрение в клиническую практику отечественных микросфер с радионуклидом иттрий-90 для лечения опухолей печени.**

Лечение при помощи иттрий-90 посредством радиоэмболизации (Рис. 144). Радиоактивные микросферы локализуются в пределах опухоли и уничтожают ее. Метод позволяет остановить рост опухоли у 90% больных и увеличивает продолжительность жизни в 4-5 раз по сравнению с другими стандартными методами лечения.

«Радиоэмболизация значительно увеличивает продолжительность жизни пациентов. Такая операция высокоэффективна и малотравматична, а окружающие здоровые ткани практически не страдают от облучения». С помощью радиоэмболизации при лечении рака печени второй и третьей стадии врачам чаще удается стабилизировать процесс и уменьшить объем опухолевой ткани. После возможно эффективное применение и других методов лечения — оперативных и лекарственных.

Организация: ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России

Руководитель: академик РАН Каприн А.Д.

Соисполнитель: ООО «Бебиг»; ответственные сотрудники ООО «Бебиг»: Майоров К.В., Марков Н.В.

## Y-90 embolisation

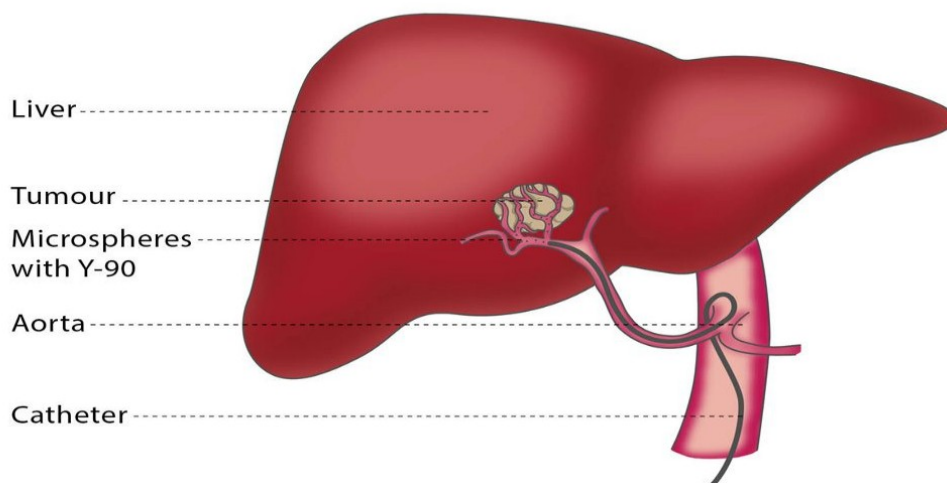


Рис. 144. Лечение опухолей печени при помощи иттрий-90 посредством радиоэмболизации

### 2. Внутриутробная хирургическая коррекция Spina bifida

**Премия Правительства РФ «За разработку и внедрение методики внутриутробной хирургической коррекции миеломенингоцеле (spina bifida) у плода»**

**Сущность:** при формировании внутриутробного порока развития плода, связанного с дефектом позвоночника, возникает контакт нервных волокон спинного мозга с околоплодными водами. Воздействие щелочной среды на волокна спинного мозга приводит к их повреждению и нарушается двигательная функция и кожная чувствительность нижних конечностей будущего новорожденного. Чем раньше выполнено устранение дефекта, тем менее выражена потеря функции нижних конечностей.

**Новизна:** Ранее подобные операции выполнялись только после рождения плода, что значительно хуже с позиции отдаленных исходов для ребенка. В 2016 году внутриутробная коррекция Spina bifida впервые в РФ проведена в Клиническом госпитале «Лапино».

**Значимость:** При внутриутробной коррекции порока Spina bifida улучшается качество последующей жизни ребенка и реже ставится диагноз инвалидность после рождения. При этом всё равно требуется специальная система с поэтапной многокурсовой реабилитацией.

**Возможные сферы применения:** Лечение детей с внутриутробно диагностированным пороком развития центральной нервной системы, формирующийся в результате нарушения закрытия нервной трубки на четвертой неделе эмбрионального развития.

Организация: **РНИМУ им. Н.И. Пирогова.**

Руководитель: академик РАН Курцер М.А., авторы: Притыко А.Г., Спиридонова Е.И., Зверева А.В., Соколовская Ю.В., Асадов Р.Н., Полякова О.В.

Организация соисполнитель: Группа компаний «Мать и дитя»

Сведения об опубликовании: 10 публикаций в журналах из списка ВАК.

### 3. Первое национальное руководство по симуляционному обучению

В 2022 году авторский коллектив ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ удостоен **Премии Правительства Российской Федерации в области образования** за разработку и создание первого национального руководства по симуляционному обучению «Симуляционное обучение. Руководство».

**Новизна:** Авторским коллективом выполнена систематизация современных направлений развития симуляционного обучения, которые основываются на широком внедрении инновационных образовательных технологий, позволяющих готовить высококвалифицированные кадры для здравоохранения при полной безопасности пациентов и объективной оценке достигнутого уровня профессиональной подготовки каждого специалиста, развивать способность быстро принимать решения и безупречно выполнять необходимые действия в своей профессиональной деятельности.

Организация: **ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ**

Руководитель: академик РАН Шабунин А.В..

Авторский коллектив: д.м.н.Проценко Д. Н., д.м.н. Аметов А. С., д.м.н. Багателья З. А., Логвинов Ю. И.,

#### **4. Проект: «PSSKB: Цифровое зрение в топологии структур белков».**

Созданный цифровой ресурс ориентирован на проведение ресурсосберегающих научных исследований и решения медико-биологических задач, в том числе, разработку новых подходов к диагностике заболеваний, понимание молекулярных основ патогенеза, выявление мишеней белкового происхождения для лекарственных средств. Ресурс «Платформа PSSKB» аккумулирует знания о цифровых двойниках белков - структурных мотивах белков, являющихся автономно устойчивыми (вне белковой молекулы) и обладающих биологической и медицинской значимостью. Мотивы белков позволяют в упрощенном виде представить трехмерную архитектуру белков, выполнить анализ функциональных свойств белка и составить прогноз вероятного изменения поведения белков при развитии патологических процессов. Применение PSSKB значительно сокращает пространство поиска медицински значимых белков-мишеней - кандидатных биомаркеров, терапевтических мишеней.

Открытая платформа PSSKB включает четыре блока (Рис. 145) и представлена базой данных структурных мотивов и облачными сервисами для проведения молекулярно-динамических исследований этих мотивов. Пополняемая база данных содержит более 2,5 миллионов аннотированных по стереохимическим и биофизическим свойствам структурных мотивов. Сервис цифрового зрения, позволяет с высокой точностью проводить поиск белков с заданными свойствами. Сервис моделирования обеспечивает возможность сравнительного структурного анализа белков с различными вариантами модификаций. Расчеты выполняются с применением инфраструктуры Суперкомпьютерного центра РАН (МСЦ РАН), но возможна интеграция с другими вычислительными ресурсами.

Организация: **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича»**

Руководитель: А.И. Арчаков



Рис. 145. Схема платформы PSSKB, которая включает (1) пополняемую базу данных структурных мотивов; (2-4) вычислительные сервисы для проведения молекулярно-динамических экспериментов

## 5. Создание вирусных вакцин, обладающих перекрестной протективной активностью в отношении разных вариантов SARS-CoV-2

### Сущность работы

Цель настоящей работы - создание лабораторного прототипа живой аттенуированной вакцины против COVID-19, обладающей перекрестной протективной активностью в отношении разных антигенных вариантов вируса (Рис. 146). Работа включает получение аттенуированных вариантов вируса SARS-CoV-2 и испытание их безопасности, иммуногенности и протективной активности на животной модели коронавирусной пневмонии, вызванной разными эпидемиологически значимыми вариантами вируса (Ухань-подобный, Дельта, Омикрон).

**Выход.** По мере появления новых штаммов SARS-CoV-2 повышенной эпидемиологической значимости, эффективность существующих вакцин против COVID-19 снижается. Возможное решение данной проблемы заключается в разработке живой аттенуированной вакцины, потенциально способной обеспечить перекрестную протективную активность в отношении широкого спектра антигенных вариантов SARS-CoV-2. В результате длительного пассирования штамма D в культуре клеток Vero при пониженной температуре (23°C) получены и охарактеризованы холодадаптированные (cold-adapted, *ca*) варианты SARS-CoV-2 - Dubrovka-*ca*-B4 (D-B4) и Dubrovka-*ca*-D2 (D-D2). При экспериментальном заражении хомяков *ca* варианты демонстрировали снижение вирулентности – не замедляли прирост массы тела, достоверно медленнее размножались в легких и других органах, вызывали значительно менее выраженные воспалительные изменения в легких по сравнению со штаммом D. Однократная интраназальная иммунизация вариантами D-B4 и D-D2 индуцировала у хомяков синтез нейтрализующих антител и защищала от заражения штаммом D и развития тяжелой пневмонии. На следующем этапе работ предстоит оценить их перекрестную протективную активность в отношении вариантов SARS-CoV-2 Дельта и Омикрон.

**Перспективы.** Полученные результаты показывают большой потенциал холодовой адаптации SARS-CoV-2 как стратегии создания живой аттенуированной вакцины против COVID-19. Полученные *ca* варианты коронавируса SARS-CoV-2 представляют интерес для дальнейшего исследования в качестве

кандидатных вакцинных штаммов.

Организация: **НИВС им. И.И. Мечникова.**

Авторы: академик РАН Зверев В.В., член-корреспондент РАН Свитич О.А., к.б.н. Файзулов Е.Б., д.б.н. Ленева И.А., н.с. Грачева А.В., м.н.с. Корчевая Е.Р., м.н.с. Смирнова Д.И.

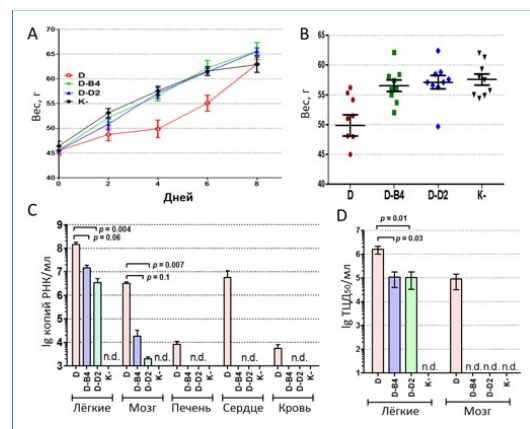
*Публикации:*

1. Faizuloev E.B., Gracheva A.V., Korchevaya E.R. с соавт. Cold-adapted SARS-CoV-2 variants with different temperature sensitivity exhibits attenuated phenotype and confers protective immunity. *Vaccine*. Dec. 2022. DOI: 10.1016/j.vaccine.2022.12.019
2. Gracheva AV, Korchevaya ER, Ammour YI et al. Immunogenic properties of SARS-CoV-2 inactivated by ultraviolet light. *Arch Virol*. 2022 Nov;167(11):2181-2191.
3. Файзулов Е.Б., Корчевая Е.Р., Грачева А.В. с соавт. Биологическая характеристика холодаадаптированных вариантов коронавируса SARS-CoV-2 // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. - 2022. - Т. 99. - №4. - С. 397-409
4. Грачева А.В., Корчевая Е.Р., Самойликов Р.В. с соавт. Маркеры аттенуации холодаадаптированных вариантов коронавируса SARS-CoV-2 // Медицинский академический журнал. - 2022. - Т. 22. - №2. - С. 79-88.
5. Ленева И.А., Смирнова Д.И., Карташова Н.П. с соавт. Сравнительное изучение Ухань-подобного и омикрон-подобного вариантов SARS-CoV-2 на экспериментальных животных моделях. *Вопросы вирусологии*. 2022; 67(5): 439-449.

Холодаадаптированные (ХА) варианты SARS-CoV-2 D-B4 и D-D2 демонстрируют аттенуационный фенотип в отношении сирийских хомяков – при интраназальном заражении животные не снижают вес (Рис. А, В), ХА-варианты значительно медленнее дикого вируса размножаются в лёгких и других органах (Рис. С, D) и вызывают незначительные воспалительные изменения в лёгких.

Однократная интраназальная иммунизация ХА-вариантами D-B4 и D-D2 индуцирует у хомяков синтез суммарных и вируснейтрализующих антител.

Однократная интраназальная иммунизация ХА-вариантами D-B4 и D-D2 защищает хомяков от потери веса, заражения диким вирусом лёгких и мозга и от развития тяжелой пневмонии.



Полученные результаты показывают большой потенциал холодовой адаптации SARS-CoV-2 как стратегии создания живой аттенуированной вакцины против COVID-19. Полученные ca варианты коронавируса SARS-CoV-2 представляют интерес для дальнейшего исследования в качестве кандидатных вакцинных штаммов.

Рис. 146. Создание лабораторного прототипа живой аттенуированной вакцины против COVID-19, обладающей перекрестной протективной активностью в отношении разных антигенных вариантов вируса

## 6. Создание Российской платформы мониторинга и анализа сведений о результатах исследований на наличие возбудителя новой коронавирусной инфекции – SOLAR

В рамках исполнения Постановления Правительства Российской Федерации от 27 марта 2021 года №452 ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора в 2020 году создана Платформа мониторинга и анализа сведений о результатах исследования на наличие возбудителя новой коронавирусной инфекции -



**SOLAR.** К Платформе подключено более **1 800** организаций из **85** субъектов Российской Федерации.

Платформа использует методы обработки структурированных данных больших объемов для получения воспринимаемых человеком результатов, эффективных в условиях непрерывного прироста. Данные, представленные в Платформе, характеризуются как **Big Data**. Разработанная Платформа **SOLAR** является автоматизированным инструментом, позволяет гибко работать с огромными объемами данных, а также использовать их для статистической обработки, анализа и прогнозирования (Рис. 147). Передача данных в рамках обогащения базы данных **Big Data** осуществляется по защищенным каналам с высоким уровнем информационной безопасности. В условиях быстро меняющейся эпидемиологической обстановки использование «больших данных» является неотъемлемой частью современного эпидемиологического мониторинга.

С 01 ноября 2020 года на Единый портал государственных услуг было передано более **150 000 000** результатов исследований. Результаты идентифицируются на Портале Госуслуг, и граждане получают информацию о результатах в цифровом виде в личном кабинете.

Организация: **ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора**

Авторы: академик РАН Акимкин В.Г., Остроушко А.А., Евстифеев Е.А., Самсонов А.А.

### **Big data – Система агрегирования результатов лабораторных исследований (SOLAR)**

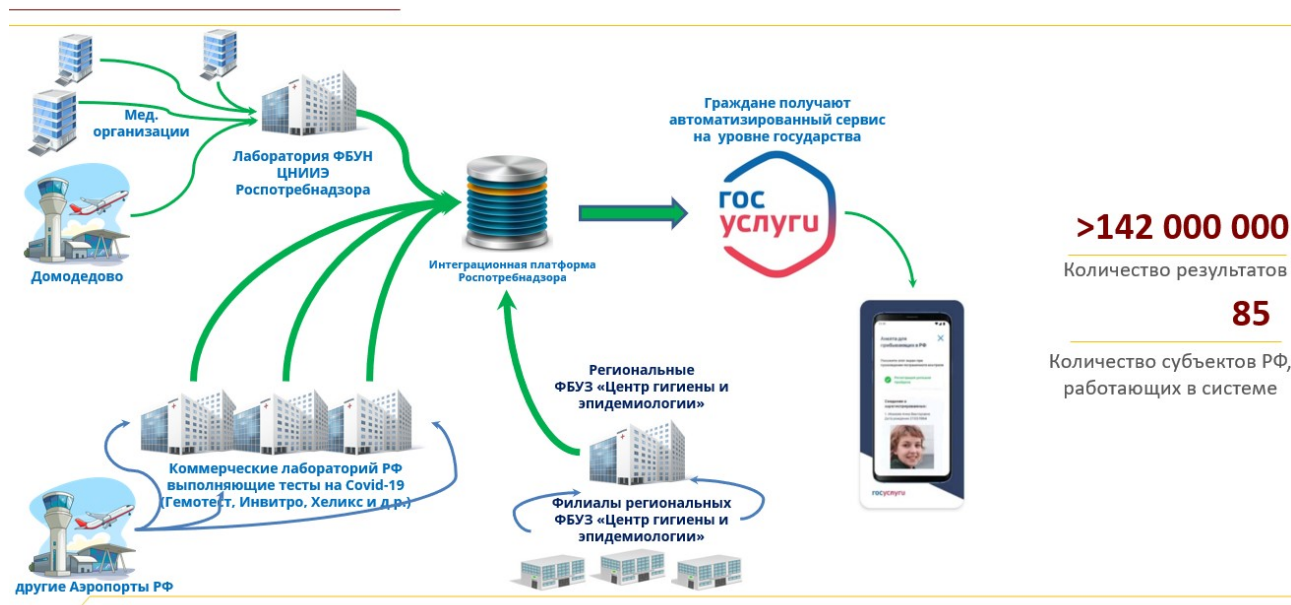


Рис. 147. Платформа мониторинга и анализа сведений о результатах исследования на наличие возбудителя новой коронавирусной инфекции (SOLAR)

### **Научные результаты в 2022 г., получившие наивысшую оценку инновационного потенциала, с указанием возможных сфер применения**

1. Современный подход к послеоперационному ведению больных хроническим стенозом гортани и трахеи после реконструктивных операций

Сущность работы. Рубцовый стеноз гортани и шейного отдела трахеи развивается в результате замещения анатомических структур гортани и трахеи соединительной тканью, ведет к сужению

дыхательных путей, нарушению паттерна дыхания, дисфонии, социальной и трудовой дезадаптации.

**Выход.** Впервые разработан способ послеоперационного протезирования гортани и трахеи оригинальным тампоном на основе гидрогеля альгината натрия с импрегнированными лекарственными препаратами (Рис. 148), позволяющий ускорить репарацию послеоперационной раны (патент РФ на изобретение, RU 2735055 C1).

Впервые разработана схема ингаляций подогретой гелий-кислородной смесью (на отечественном аппарате Гелиокс) и доказана ее эффективность для коррекции дыхательной недостаточности у пациентов с рубцовым стенозом гортани и трахеи (патент РФ на изобретение RU 2775937). Впервые разработан современный лечебный алгоритм ведения пациентов с хроническим рубцовым стенозом гортани и трахеи с новым перевязочным материалом на основе альгината натрия и ингаляций подогретой гелий-кислородной смесью, позволяющий повысить эффективность хирургического лечения с помощью пролонгированного высвобождения лекарственных препаратов в зоне оперативного вмешательства и купирования явления дыхательной недостаточности (патент РФ на изобретение RU 2739122 C1).

**Перспективы.** Разработанный способ протезирования гортанно-трахеального просвета, новый перевязочный материал и ингаляции подогретой гелий-кислородной смесью позволяют скорректировать респираторный статус пациентов, сократить время репарации тканей и уменьшить общее время лечения пациентов хроническим стенозом гортани и трахеи.

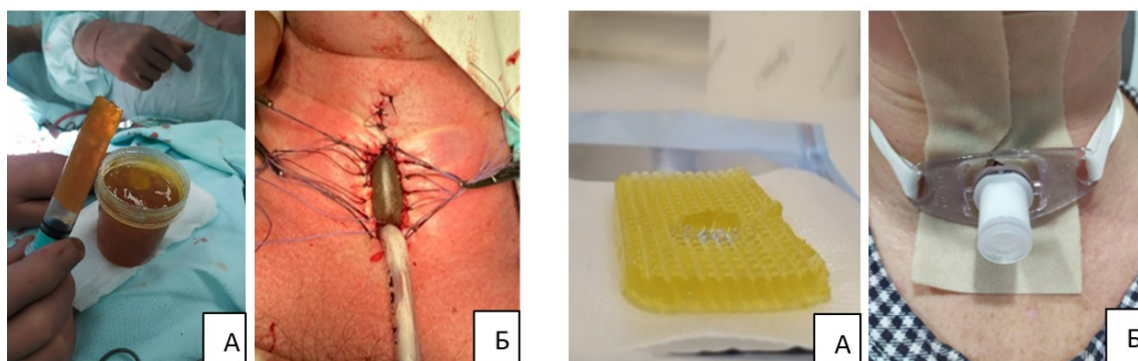
Организация: **ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ**

Авторы: член-корреспондент РАН А.И. Крюков, д.м.н. Н.Л. Кунельская, д.м.н. Е.А. Кирасирова, д.э.н. И.Е. Рыбальченко, к.м.н. Н.В. Лафуткина, к.м.н. Р.Ф. Мамедов, к.м.н. Р.А. Резаков, асп. Е.А.Фролкина.

*Публикации:*

Кирасирова Е.А., Фролкина Е.А., Рыбальченко И.Е., Тютин С.И. «Коррекция хронической дыхательной недостаточности при рубцовых стенозах гортани и шейного отдела трахеи с использованием гелий-кислородной смеси» // Вестник оториноларингологии.-М-2022-87(4).С. 63-70.

Кирасирова Е.А., Фролкина Е.А., Резаков Р.А., Мамедов Р.Ф., Лафуткина Н.В., Рыбальченко И.Е., Тютин С.И., Трусов В.А. «Использование термической гелий-кислородной смеси для коррекции дыхательной недостаточности в комплексном лечении пациентов с рубцовым стенозом гортани и трахеи». // «Голова и шея»-М.- 2022-10(4)- стр.24–29.



*А - гидрогель на основе альгината натрия;  
Б - гидрогелевый тампон в сформированном  
гортанно-трахеальном просвете.*

*А - оригинальная гидрогелевая салфетка;  
Б – гидрогелевая салфетка на основе альгината  
натрия у пациентки с трахеостомой.*

Рис. 148. Гидрогелиевые тампон и салфетка на основе альгината натрия

## 2. Разработка интраназальной бивалентной вакцины для защиты от SARS-CoV-2 и вирусов

## гриппа (Рис. 149)

Краткая характеристика результата:

I. Бивалентная вакцина от SARS-CoV-2 и гриппа сконструирована на основе живого реплицирующегося вируса гриппа, в геном которого генно-инженерными методами внесены иммуногенные фрагменты коронавируса. При интраназальном введении рекомбинантный вирус гриппа доставляет в клетки-мишени целевые эпитопы SARS-CoV-2, что обеспечивает формирование различных звеньев иммунного ответа на оба патогена.

II. Препарат создан на базе отечественной живой гриппозной интраназальной вакцины, зарегистрированной впервые в мире в 1987 г. До регистрации клинические испытания были проведены на 120 000 детей в возрасте от 3 лет, взрослых и пожилых людях. Всего произведено в РФ более 100 млн доз. Аналогичная живая гриппозная вакцина FluMist зарегистрирована в США в 2003 г. и применяется в США и Европе.

III. Интраназальное применение обеспечивает стимуляцию локального иммунитета в верхних дыхательных путях, что препятствует дальнейшему размножению вирусов и их распространению в окружающую среду.

IV. Включенные в состав вакцины Т-клеточные эпитопы SARS-CoV-2 являются консервативными, что обеспечит защиту и от антигенно-удаленных вариантов коронавируса.

Сфера применения: Разработанная бивалентная вакцина обеспечит комбинированную защиту населения от сезонных вирусов гриппа, а также от дрейфовых вариантов коронавируса.

## Разработка интраназальной бивалентной вакцины для защиты от SARS-CoV-2 и вирусов гриппа



Рис. 149.

Организация: ФГБНУ «ИЭМ», Отдел вирусологии имени академика РАМН А.А. Сморodinцева.

Авторы: д.м.н. Руденко Л.Г., член-корреспондент РАН Исакова-Сивак И.Н.

3. Новые разработки медицинских изделий для сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.

**Бакулева» Минздрава России.**

Одним из приоритетных направлений деятельности Центра является разработка и создание оригинальных имплантируемых медицинских изделий, которые остро востребованы в практике кардиохирургической клиники.

**1) Разработано новое отечественное устройство для изоляции ушка левого предсердия «ЛП-Эпиклип» II поколения.** Модернизированное устройство выгодно отличается от ранее предложенных моделей: отсутствуют выступающие части, имеется возможность быстрой установки, прочные атравматичные рабочие части покрыты эластичными полимерными материалами, которые гарантируют отсутствие гофрирования тканей ушка, тромбообразований и микрокровоотечений (Рис. 150, Рис. 151). Выполнены доклинические испытания в хроническом эксперименте. Во всех случаях достигнута эффективная установка Клипсы.

Авторы: академик РАН Л.А. Бокерия, М.Б. Биниашвили, Т.Г. Ле.

*Публикация:*

Ле Т.Г., Биниашвили М.Б., Бокерия Л.А. [Хирургическое закрытие ушка левого предсердия: прошлое, настоящее, будущее.](#) //Анналы аритмологии. 2022; (3): 125-132.

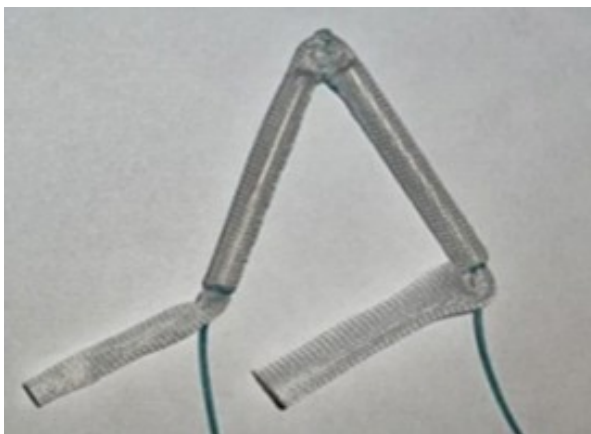


Рис. 150. Вид изделия «Эпиклип» II поколения

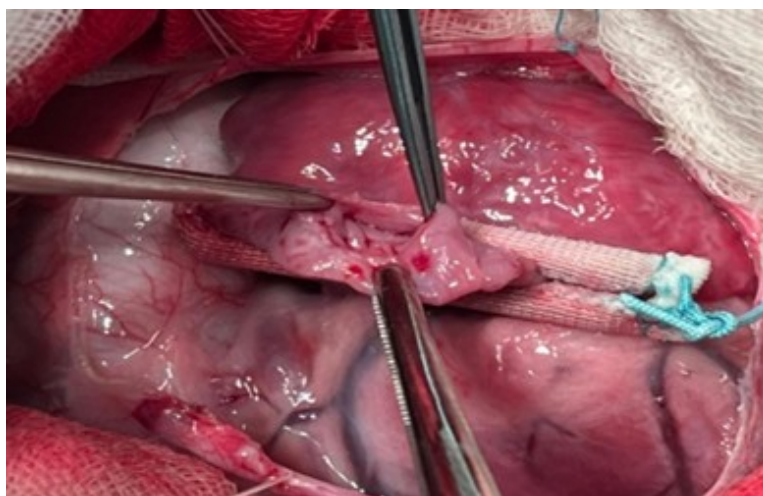


Рис. 151. Интраоперационное фото: установленное устройство на ушко ЛП.

**2)** Актуальность проблемы хирургического лечения расслоения восходящей аорты определяется высокой летальностью при естественном течении, крайней сложностью и травматичностью хирургического

вмешательства. Разработан и внедрен в клиническую практику **новый метод протезирования дуги аорты у пациентов с расслоением аорты типа А и повреждением ветвей дуги аорты с использованием оригинального синтетического сосудистого протеза дуги аорты**, который формируется индивидуально для каждого пациента на основании анатомо-топографических данных, полученных с помощью компьютерной томографии с контрастированием (Рис. 152, Рис. 153). Важность данного исследования заключается в возможности персонализированного моделирования и подбора архитектоники сосудистого протеза пациентам при различных клинических сценариях.

Авторы: В.А. Мироненко, Н.П. Бакулева, С.П. Новикова, С.В. Гарманов, Р.Р. Салохединова, Л.В. Зайцев.

*Публикация:*

Мироненко В.А., Гарманов С.В., Бакулева Н.П., Зайцев Л.В., Новикова С.П., Салохединова Р.Р. «Способ протезирования дуги аорты при поврежденных брахиоцефальных артериях, синтетический сосудистый протез дуги аорты для его осуществления и способ его изготовления». Патент на изобретение № 2764867.



Рис. 152. Оригинальный синтетический сосудистый протез дуги аорты

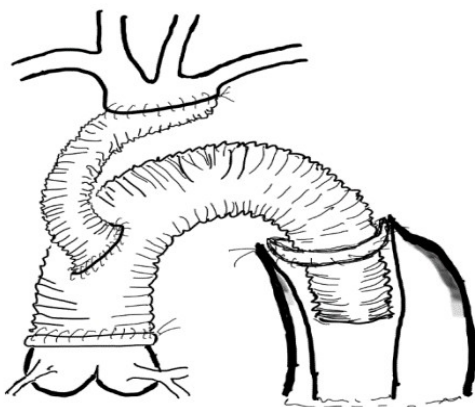


Рис. 153. Схема выполнения протезирования дуги аорты при поврежденных брахиоцефальных артериях

**3) Разработан полнопроточный механический протез митрального клапана, учитывающий гидродинамику атриовентрикулярного потока крови.** Конструкция клапана разработана на основании анализа данных КТ, слепков сердца и представлений о закрученной структуре атриовентрикулярного потока

крови. Преимуществом конструкции является наличие единственного круглого отверстия, отсутствие препятствий в проточной части клапана, обтекаемые поверхности клапана как со стороны предсердия при открытом клапане, так и со стороны желудочка при закрытом клапане. Клапан имеет овальную форму и максимально адаптирован к контуру митрального отверстия (Рис. 154).

Авторы: Л.А. Бокерия, А.Ю. Городков, А.В. Агафонов, Е.А. Талыгин.

*Публикация:*

Городков А.Ю., Агафонов А.В., Талыгин Е.А., Бокерия Л.А. Гидродинамические особенности закрученного потока крови в левых отделах сердца и аорте. //Acta naturae (русскоязычная версия). 2022; 13 (№4, 51): 4-16.



Рис. 154. Образец полнопроточного механического протеза митрального клапана

#### **4. Разработка импортозамещающих клеточных технологий иммунотерапии для лечения солидных опухолей**

Сотрудниками НИИ Фундаментальной и Клинической Иммунологии успешно проведены доклинические испытания 3-х различных генномодифицированных антиген специфичных лимфоцитов.

3 типа генетически-модифицированных Т-клеток:

- CAR Т-клетки для GD2-позитивных опухолей (нейробластомы, меланомы);
- TCR-Т-клетки для NY-ESO-1-позитивных опухолей (рак пищевода, саркомы, меланомы);
- TCR-подобные CAR-Т-клетки для MAGE-A4-позитивных опухолей (рак яичников, молочной железы, легких, меланомы).

Особая уникальность антигенов: ограниченная экспрессия в нормальных тканях, высокая экспрессия в опухолях

Полученные генетически модифицированные цитотоксические Т-лимфоциты, специфичные к опухолеассоциированным антигенам GD2, NY-ESO-1, MAGE-A4, обладают специфической эффекторной функцией *in vitro* в отношении опухолевых клеток, экспрессирующих эти антигены.

Несмотря на разные домены в трансдуцированных Т-клеточных специфических рецепторах, при активации цитотоксических клеток были обнаружены сходные изменения в экспрессии одних и тех же иммунорегуляторных генов, а для MAGE-A4 Т-клеток показана повышенная экспрессия mRNA гена IFN $\gamma$ .

Трансдуцированные лимфоциты представляли собой наименее дифференцированную популяцию эффекторных лимфоцитов с высокой пролиферативной активностью и низкой долей истощенных клеток. Функциональные тесты *in vitro* подтвердили экспрессию маркеров, характерных для ранней активации лимфоцитов 4-1BB, CD69, CD40L, что способствует усилению противоопухолевой активности модифицированных клеток.

Метаболическая активность генномодифицированных клеток не угнетена и после контакта с опухолью повышается.

Полученные популяции цитотоксических антиген-специфических генетически модифицированных Т-лимфоцитов имеют потенциал для дальнейшей разработки клинически эффективной технологии клеточной иммунотерапии злокачественных новообразований.

Организация: **НИИФКИ**

Авторы: Кузнецова М.С., Шевченко Ю.А., Фишер М.С., Филиппова Ю.Г., Терещенко В.П., Курилин В.В., Алсаллум А., Акахори Я., Шикун Х., Сенников С.В.

*Публикации:*

По результатам работы в 2022 г. опубликовано 5 оригинальных и 3 обзорных статьи в журналах входящих в базы данных Scopus и WOS. Основные оригинальные данные опубликованы в журнале «Иммунология» doi.org/10.33029/0206-4952-2022-43-4-401-411, doi.org/10.33029/0206-4952-2022-43-5-525-535, doi.org/10.33029/0206-4952-2022-43-5-536-547. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № <https://rscf.ru/project/21-65-00004>

##### **5. Разработка инновационных подходов к оптимизации питания высококвалифицированных спортсменов с целью изучения их адаптационного потенциала и спортивной формы (Рис. 155)**

Создано принципиально новое научное направление медицины – антропонуриология, подчеркивающее ведущую роль алиментарных факторов в формировании физического развития. В целях персонализированной оптимизации питания и параметров образа жизни установлены параметры основного обмена, мышечной функции, факторы риска развития сердечно-сосудистых, эндокринных, гастроэнтерологических заболеваний, болезней опорно-двигательного аппарата в зависимости от соматотипа.

Разработаны и внедрены стандарты физического развития – для студентов и Общероссийские (национальные) – для детей школьного возраста (7-17 лет), а также рекомендации по оптимизации питания для спортсменов, персонала подразделений повышенного риска в зависимости от индивидуальных антропоморфологических показателей. Создана инновационная методическая база оценки физического статуса организма человека в целях повышения качества и продолжительности жизни за счет выработки персонализированных рекомендаций по питанию и модификации образа жизни.

Организация: **ФИЦ питания и биотехнологии.**

Руководитель проекта: академик РАН Никитюк Д.Б.



Рис. 155. Инновационные подходы к оптимизации питания высококвалифицированных спортсменов с целью изучения их адаптационного потенциала и спортивной формы

#### 6. Патогенетическое обоснование диагностических критериев развития COVID-19 ассоциированной коагулопатии и их прогностическое значение при заболевании различной степени тяжести

Наиболее точными показателями системы гемостаза, отражающими риск тромбэмболических осложнений (ТЭО) во время болезни, являются: уровень протромбина, активность ингибитора активатора пламиногена (PAI), отношение ристоцетин-кофакторной активности фактора Виллебранда (vWF:RCo) к активности ADAMTS-13; а в период реконвалесценции: отношение vWF:RCo к активности ADAMTS-13 и отношение нейтрофилов к лимфоцитам крови (NLR). Данные параметры рекомендованы для оценки в динамике у пациентов с COVID-19, включая период реконвалесценции (не менее 1 месяца после перенесенной инфекции), особенно у пациентов, перенесших тяжелую и среднетяжелую форму заболевания, и у пациентов, имеющих дополнительные факторы риска ТЭО (Рис. 156). Активация системы комплемента и недостаточность ADAMTS-13 способствуют развитию протромботического состояния и провоспалительного ответа у больных COVID-19, что обуславливает тяжесть течения заболевания. Такие методы исследования гемостаза как ROTEM и тромбодинамика являются интегральными, позволяющими оценить как риск ТЭО, так и риск кровотечений у больных COVID-19. Наиболее показательными являются методы EXTEM и FIBTEM, так как не зависят от длительности и дозировки применяемых антикоагулянтов. Параметры теста «тромбодинамика» зависят от дозы, кратности и времени введения антикоагулянтной терапии, являющейся в настоящее время обязательной у пациентов со среднетяжелой и тяжелой формами COVID-19. При этом данный метод является наиболее чувствительным для подбора схемы гепаринотерапии.

Организация: **НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова Минздрава России.**

Авторы: академик РАН Сухих Г.Т., д.м.н. Долгушина Н.В., д.м.н. Кречетова Л.В., д.м.н. Иванец Т.Ю., д.м.н. Менжинская И.В., к.м.н. Донников А.Е., к.м.н. Городнова Е.А.

Патент № 2774143 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/68, G01N 33/86, C12Q 1/37. Способ лабораторной диагностики тяжести COVID-19 по определению соотношения активности фактора Виллебранда и ADAMTS-13: № 2022104651: заявл. 22.02.2022: опубл. 15.06.2022 / Н.В. Долгушина, Е.А.

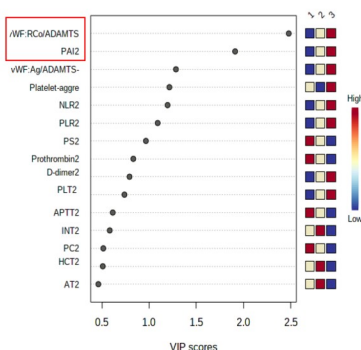




### Определены наиболее значимые параметры системы гемостаза, прогнозирующие риск тромбозных осложнений при COVID-19

ФГБУ «НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова» Минздрава России

Академик РАН, проф. Г.Т. Сухих, д.м.н., проф. Н.В. Долгушина, д.м.н. Л.В. Кречетова, д.м.н. Т.Ю. Иванец, д.м.н. И.В. Менжинская, к.м.н. А.Е. Донников, к.м.н. Е.А. Городнова



Гиперактивация плазменного звена системы гемостаза, усиленное тромбообразование и, как следствие, тромбозные осложнения (ТЭО) играют важную роль в клиническом течении и исходах COVID-19

➤ **Установлено:** несмотря на терапию антикоагулянтами при COVID-19, нарушения системы гемостаза сохраняются и в периоде реконвалесценции, определяя высокий риск ТЭО

➤ **Определена** панель диагностических показателей системы гемостаза, наиболее точно прогнозирующих риск ТЭО при COVID-19 и в периоде реконвалесценции с учетом тяжести COVID-19:

➤ При заболевании: уровень протромбина, активность ингибитора активатора плазминогена (PAI), отношение ристопетин-кофакторной активности фактора Виллебранда (vWF:RC) к активности ADAMTS-13

➤ В период реконвалесценции: отношение vWF:RC к активности ADAMTS-13 и активность PAI

➤ **Рекомендовано:** проводить анализ системы гемостаза в период заболевания и не менее 1 месяца после COVID-19, у пациентов, перенесших тяжелую и среднетяжелую формы заболевания, и у пациентов, имеющих дополнительные факторы риска развития ТЭО.



Результаты опубликованы в международном издании:

Dolgushina N.V., Gorodnova E.A., Beznozhchenko O.S., Romanov A.Yu., Menzhinskaya I.V., Kretchetova L.V., Sukhikh G.T. Von Willebrand Factor and ADAMTS-13 Are Associated with the Severity of COVID-19 Disease. *Journal of Clinical Medicine* 2022; 11(14):e4006. <https://doi.org/10.3390/jcm11144006> (WoS, Scopus, Q1, IF=4,964).

Получен патент на изобретение: Способ лабораторной диагностики тяжести COVID-19 по определению соотношения активности фактора Виллебранда и ADAMTS-13: № 2022104651.

Рис. 156. Определение наиболее значимых параметров системы гемостаза, прогнозирующих риск тромбозных осложнений при COVID-19

## 7. Клинико- диагностическая система для исследования сердечно-сосудистой системы и органов дыхания, реализующая построение персональных анатомических и функциональных моделей (АПК PACS «ЛУЧ-С»)

Научные результаты – созданы ресурсы, которые накапливают анатомические данные по результатам анализа данных DICOM. Для практического использования подхода разработан отечественный аппаратно-программный комплекс (АПК) «Луч-С», реализующий обработку, хранение, передачу медицинских изображений. Созданы автоматизированные рабочие места врачей рентгенологов, клиницистов.

На «Луч-С» получено регистрационное удостоверение Росздравнадзора, и данный АПК широко используется в нескольких регионах России.

Регистрационное удостоверение на медицинское изделие от 13.06.2019 № РЗН 2019/8478 на медицинское изделие Клинико-диагностическая система для исследования сердечно-сосудистой системы и органов дыхания, реализующая построение персональных анатомических и функциональных моделей (АПК PACS "Луч-С").

Документы:

«Программное обеспечение автоматизированного рабочего места врача для просмотра и обработки медицинских изображений клинико-диагностической системы Луч-С» №2017611224 от 08.06.2017.

«Программное обеспечение сервера хранения и обработки медицинских изображений PACS-системы Луч-С» № 2017616519 от 08.06.2017.

«Программа децентрализованной сети в составе PACS-сервера для работы с данными платформы для сбора, хранения и анализа медицинских цифровых данных» № 2019665832 от 02.12.2019.

«База данных платформы для сбора, хранения и анализа медицинских цифровых данных и связанных с ней систем хранения данных» № 2019622233 от 03.12.2019.

Организация: **СамГМУ Минздрава России.**

Руководитель работ: **д.м.н. А.В. Колсанов.**

### **8. Система хирургической навигации «Автоплан»**

Научные результаты – оригинальная система предоперационного хирургического планирования и интраоперационной навигации «Автоплан» (Рис. 157). Это первая российская разработка данного назначения, зарегистрированная в Росздравнадзоре. Система позволяет непрерывно отслеживать (и отображать в режиме реального времени на экране монитора) хирургические инструменты относительно анатомических структур конкретного пациента, избегая повреждения функционально значимых зон. Успешно реализованными модулями в системе «Автоплан» являются автоматическое детектирование печени, поджелудочной железы, селезенки, эндокринных органов, легких, челюстно-лицевой области. Успешно внедрён в клиническую практику и травматологический модуль, который позволяет на этапе предоперационного планирования строить модель протезируемых костей (бедря и тазового кольца) и проводить подбор протезов по размеру костного канала, углу наклона и другим параметрам. Эффективное применение система «Автоплан» нашла в нейрохирургии, высокая точность навигации позволяет избежать повреждения окружающей нервной ткани. В настоящее время в СамГМУ налажено серийное производство АПК «Автоплан» и его модулей, и идет успешное использование в 16 регионах России.

**Регистрационное удостоверение на медицинское изделие** от 28.05.2019 № РЗН 2019/8153 на медицинское изделие «Система автоматизированного планирования, управления и контроля результатов хирургического лечения «Автоплан»».

**Регистрационное удостоверение на медицинское изделие** от 12.01.2023. № РЗН 2023/19330 «Система хирургическая навигационная «Автоплан» (AUTOPLAN)». «Программа для анализа КТ-перфузии головного мозга №2017619549 от 25.08.2017. «Программа для автоматизации сборки из исходного кода ПО АПК «Автоплан» № 2018612230 от 14.02.2018. «Программа автоматического анализа архивных данных томографических исследований» №2018612231 от 14.02.2018. «Модуль интеграции хирургической навигационной системы «Автоплан» с операционным микроскопом» № 2021662256 от 26.07.2021. «Интерфейс и программная среда врача для планирования хирургического вмешательства на 3D-модели анатомических структур с интеграцией с медицинскими информационными системами» № 2022683845 от 08.12.2022

Организация: **СамГМУ Минздрава России.**

Авторы: **д.м.н. А.В. Колсанов (руководитель работ), д.м.н. А.В. Колсанов; к.м.н. С.С. Чаплыгин; С.В. Ровнов, А.М. Рубцов.**



Рис. 157. Система хирургической навигации «Автоплан»

### 9. Гибкая мультиэлектродная структура для стимуляции мозга.

Институт бионических технологий и инжиниринга Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) и Московский институт электронной техники (МИЭТ) в партнёрстве с Фондом поддержки слепоглухих «Со-единение», некоммерческой лабораторией «Сенсор-Тех» разработали гибкую мультиэлектродную структуру (Рис. 158), которая в будущем позволит «подключить» камеру к мозгу незрячего человека и передавать изображение в мозг напрямую, без помощи глаз. Устройство на основе мультиэлектродной структуры создано для людей, полностью потерявших зрение, но сохранивших зрительную память и опыт.

#### *Сущность разработки.*

Ученые из Сеченовского Университета разработали технологию и устройство нейростимуляции коры головного мозга с помощью гибкой мультиэлектродной структуры, которые помогут людям, потерявшим зрение, вернуть их способность видеть. Исследования перешли на последний этап доклинических испытаний — тестирование на приматах. Операция по установке такой российской структуры для нейростимуляции впервые успешно прошла в НИИ Медицинской приматологии в Сочи. Нейроимплант на основе мультиэлектродной структуры продемонстрировал свою высокую эффективность. Несмотря на существующие сложности в разработке и применении гибкой электроники в нейростимуляции, её значимость очень высока, так как дальнейшее развитие и внедрение технологий в данной области позволит повысить эффективность борьбы с социально значимыми заболеваниями.

Организации: **Институт бионических технологий и инжиниринга Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) и Московский институт электронной техники (МИЭТ)**

Авторы: Тельшев Д.В. (руководитель работ), Марков А.Г. (основной исполнитель)

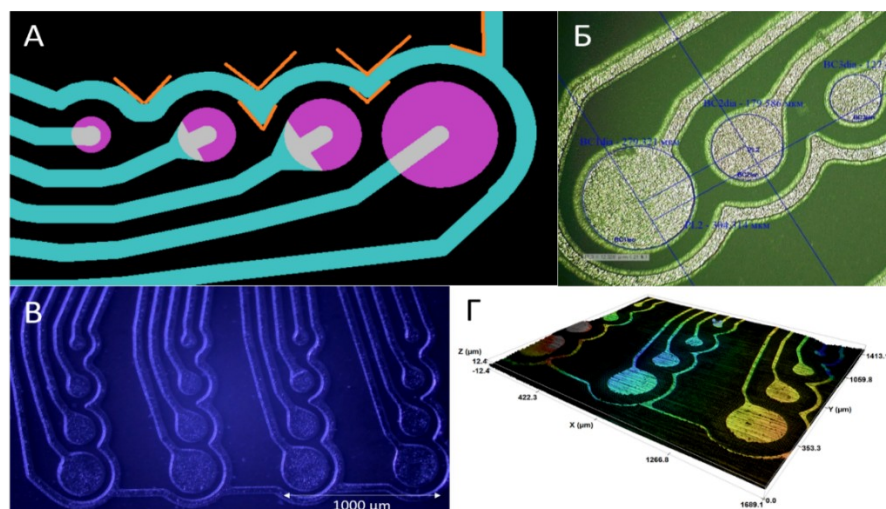


Рис. 158. (А) Изображение электродов при проектировании. (Б) Изображение электродов, сделанное на сканирующем электронном микроскопе. (В) Фото электродной решётки, полученное с помощью инспекционного оптического микроскопа. (Г) 3D профиль электродов, полученный с помощью оптического профилометра.

#### 10. Регистрация лимфотропного радиофармацевтического препарата на основе меченого технецием-99М гамма-оксида алюминия

Разработан радиофармацевтический коллоидный препарат на основе гамма оксида алюминия  $[^{99m}\text{Tc}]\text{-Al}_2\text{O}_3$  (Рис. 159). Доклинические исследования показали его эффективность и безопасность, клинические исследования продемонстрировали высокую чувствительность радионуклидной визуализации сигнальных лимфатических узлов при опухолях различных локализаций с использованием данного радиофармацевтического препарата (Рис. 160). Биопсия сигнальных лимфатических узлов считается необходимой процедурой, способствующей уменьшению количества обширных лимфодиссекций, особенно на ранних стадиях заболевания, при клинически «негативных» лимфатических узлах, что приводит к снижению частоты развития послеоперационных осложнений. Препарат зарегистрирован и доступен для широкого клинического использования.

Организации: **Научно-исследовательский институт онкологии Томского НИМЦ<sup>1</sup> и Национальный исследовательский Томский политехнический университет<sup>2</sup>**

Авторы: Зельчан Р.В.<sup>1</sup>, Медведева А.А.<sup>1</sup>, д.т.н. Скуридин В.С.<sup>2</sup>, Нестеров Е.А.<sup>2</sup>, Стасюк Е.С.<sup>2</sup>. член-корреспондент РАН Чернов В.И.<sup>1</sup>

Работы выполнены в рамках Федеральной целевой программы «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» ГК «Доклинические исследования нового лимфотропного радиофармацевтического препарата на основе меченого технецием-99m гамма-оксида алюминия».

*Публикации:*

Чойнзонов Е.Л., Чернов В.И., Тицкая А.А., Синилкин И.Г., Варламова Н.В., Стасюк Е.С. Способ получения реагента для приготовления меченого технецием 99-м нанокolloида на основе гамма-оксида алюминия // Евразийский Патент на изобретение №022560 от 29 января 2016

А. А. Медведева, В. И. Чернов, Р. В. Зельчан, О. Д. Брагина, А. Н. Рыбина, В. С. Скуридин, Е. С. Стасюк, С. Ю. Чижевская, А. В. Гольдберг, Е. Ю. Гарбуков. Клиническая апробация нового нанокolloидного

радиофармпрепарата  $[^{99m}\text{Tc}]\text{-Al}_2\text{O}_3$  для диагностики сторожевых лимфатических узлов. Разработка и регистрация лекарственных средств. Том 11, № 4 (2022) С.246-252. – DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-4-246-252 ИФ РИНЦ - 0,731, SCOPUS – 0,6 (Q3)



Рис. 159. Радиофармацевтический коллоидный препарат на основе гамма оксида алюминия  $[^{99m}\text{Tc}]\text{-Al}_2\text{O}_3$  (Получено Регистрационное удостоверение №2022/18648 от 25.10.2022)

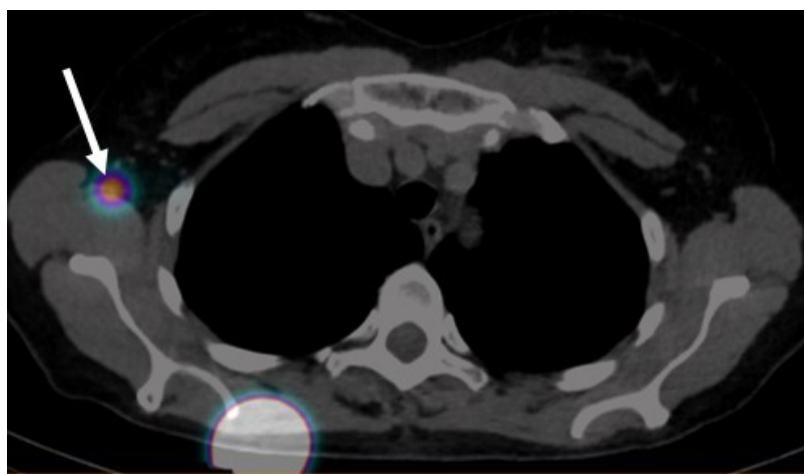


Рис. 160. Визуализируется сигнальный лимфатический узел в аксиллярной области от злокачественной меланомы кожи спины

# Науки о Земле

## Состояние в 2022 г. и прогнозе развития наук о Земле

Объектом исследований наук о Земле являются оболочки нашей планеты: геосфера, гидросфера и атмосфера. Все эти оболочки непрерывно изменяются, взаимодействуют между собой и служат средой обитания человечества. Это определяет неизменную актуальность наук о Земле. Интенсивное развитие наук о Земле является общемировой тенденцией.

**Геофизика** (современная и палео-) изучает в первую очередь поля Земли, инициированные внутренними (взаимодействие вращение ядра – конвекция в мантии – дрейф литосферных плит) и внешними (гравитационные взаимодействия планет) факторами.

В 2022 г. основными направлениями фундаментальных геофизических исследований в мировой науке и в России являлись проблемы происхождения и эволюция геомагнитного поля и развитие 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), оценки сейсмической, вулканической и цунами опасности, а также совершенствование геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых.

**Геодинамика и тектоника** (современная и палео-) направлена на изучение динамики процессов, происходящих при взаимодействии разных уровней геосферы: ядро – мантия – литосфера.

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.

В 2022 г. в России усилился интерес к палеотектоническим реконструкциям, что связано с расширением возможности U-Pb изотопного датирования циркона и других детритовых минералов осадочных пород. Новый уровень изучения основного дайкового магматизма, возможность исследований крупных магматических провинций и палеоконтинентальных реконструкций для ранних этапов эволюции Земли на мировом уровне стал возможен за счет применения в России водной методики выделения бадделеита и разработки методики U-Pb изотопного датирования этого важного для основных пород минерала – геохронометра. Развитие в России методов трекового датирования обеспечивает возможность возрастной привязки отдельных тектонических эпизодов при проведении структурных-тектонических исследований.

**Петрология, литология, стратиграфия, минералогия, элементная и изотопная геохимия** 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 2022 г. 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, происходящих на Земле, является геохимия стабильных изотопов Si, Mg, K, Fe, Cr, Mo, Cu, Ag, Ni, Zr, Ti, W и множества других элементов вплоть до самых тяжёлых – Pb и U. Полученные данные служат основой для проведения количественных расчетов при петрогенетических и литологических реконструкциях. В России развитие этих направлений исследований ограничено из-за резкого дефицита современной приборно-аналитической базы.

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.

Среди подходов в петрологических исследованиях все большую роль приобретают расчетные модели, основанные на больших базах экспериментальных и природных петрологических данных. Наиболее востребованы в 2022 г. 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 появление больших баз данных, таких, например, как GeoRock (<https://georoc.eu/georoc/new-start.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. Все эти программные пакеты и базы данных имеют открытый доступ и, судя по публикациям, достаточно активно привлекались российскими учеными в 2022 г. и, вероятно, будут востребованы и в 2023 г.

**Геология месторождений полезных ископаемых (МПИ)** направлена на изучение строения, состава и условий образования глубинных и поверхностных (эндогенных и экзогенных) скоплений полезных для человечества ископаемых природных материалов с целью их добычи.

Основные тенденции исследования в учении о рудных месторождениях как в отечественных так и отечественных центрах сконцентрированы на решении следующих вопросов: какие глобальные геодинамические и тектонические 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.

Для решения этих вопросов широко используются современные методы, которые принципиально не отличаются от таковых при изучении безрудных комплексов пород, рассмотренных выше. В мировой практике важной целью исследований геологии МПИ является разработка моделей формирования эндогенных и экзогенных рудообразующих систем, которые служат ориентирами при постановке поисковых, разведочных и эксплуатационных работ на новых объектах.

В 2022 году были разработаны и усовершенствованы геолого-генетические модели суперкрупных и уникальных месторождений высокотехнологичных металлов с учетом результатов определения их возраста, источников металлов и флюидов, физико-химических условий отложения руд, геодинамической и тектонической позиций. Построение и уточнение моделей проводилось на месторождениях различных типов. Впервые после 1978 года дана оценка состояния минерально-сырьевой базы высокотехнологичных металлов России. Выделены генетические типы месторождений высокотехнологичных металлов, включая

нетрадиционные для России рудные провинции и узлы.

**Изоотопная геохронология, трековый анализ** и другие методы определения возраста пород Земли направлены на корреляцию событий в разных ее частях и расшифровку истории образования нашей планеты.

В изотопной геохронологии главной мировой тенденцией является расширение и совершенствование методов определения изотопного возраста пород и минералов по нескольким направлениям. Во-первых, это развитие локальных изотопных методов определения возраста, таких как SIMS и LA-(MC)-ICP-MS. Во-вторых, это совершенствование классических методов изотопного анализа с уменьшением количества анализируемого вещества и увеличением точности определения возраста методом CA-ID-TIMS для единичных зерен минералов. И в-третьих, это расширение набора минералов, привлекаемых для проведения изотопно-геохронологических исследований. Все эти три направления динамично развиваются в России, главным образом за счет усилий нескольких аналитических центров, хотя устаревшая приборная база может затормозить темпы и перспективы этого развития. Часть изотопных методов в России не доступна 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.

**Горные науки** исследуют широкий круг проблем, связанных с извлечением полезных ископаемых из недр Земли. Горные науки образуют базис для развития современных технологий 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.

В 2022 г. главные усилия по научному сопровождению освоения и расширения минерально-сырьевой базы были направлены на вовлечение в переработку нетрадиционных и низкокачественных запасов полезных ископаемых, разработку комплексных и ресурсосберегающих технологий переработки ресурсов. Проведено научное обоснование и разработка новых классов отечественных флотационных реагентов, сорбентов и экстрагентов, обеспечивающих повышение извлечения и качества концентратов цветных, благородных, редкоземельных металлов и алмазов из труднообогатимых руд и техногенного сырья сложного вещественного состава. Разработаны методы интенсификации процессов дезинтеграции минерального сырья, содержащего низкоразмерные структуры благородных и редких металлов, с использованием физических и химических воздействий для повышения эффективности раскрытия тонкодисперсных минеральных комплексов, обеспечивающих максимальное извлечение ценных компонентов на последующих стадиях переработки минерального сырья. Внедрены экономически целесообразные методы водоподготовки, обеспечивающие замкнутый водооборот и внедрение ресурсосберегающих технологий. Разработаны научно обоснованные экологически безопасные технологии извлечения ценных компонентов из отходов предприятий горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов страны. 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 «Полус» и другие.

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.

**География**, как наука о поверхности геосферы, в 2022 г. в полной мере развивала все традиционные области знаний, включая палеогеографию и эволюцию природной среды, геоморфологию, биогеографию и географию почв, ландшафтоведение и геохимию ландшафтов. Значительную часть исследований занимали разработки в области экономической, социальной и политической географии, которые, вероятно, будут доминировать и в последующие г..

Рост аналитических и прогностических возможностей географии как науки о территориальной организации природы и общества дает возможность повысить эффективность управленческих решений, своевременно реагировать на внешние и внутренние вызовы и угрозы, выработать рекомендации по учету пространственного фактора в региональной политике, устойчивом природопользовании, развитии инфраструктуры, территориальном планировании, функционировании городских агломераций, формировании национального и региональных экологических каркасов, создании особых режимов хозяйствования для выхода из кризисных экологических ситуаций.

**Геоэкология и рациональное природопользование** – во всем мире является динамично развивающейся научной дисциплиной, которая имеет исключительное значение для жизнедеятельности человечества. В России проводится разработка теоретических принципов и технологических решений для создания баланса между техногенезом и природой, при котором техногенные воздействия не превышали бы предела устойчивости окружающей среды и ее способности к самовосстановлению. С решением этих проблем связана безопасность современного мира и здоровье людей. Важнейшие направления работ 2022 года включали: проведение районирования осваиваемых территорий по природным условиям и оптимизацию размещения возводимых объектов по принципу «вписывания» в природную среду с минимальным нарушением ее состояния и без провоцирования развития техно-природных процессов; экологические ограничения при водохозяйственной деятельности, направленные на предотвращение загрязнения поверхностных и подземных вод, рациональное использование водных ресурсов; оценку рисков опасных природных и техно-природных явлений, приносящих огромные экономические, экологические и социальные ущербы, разработку методов прогнозирования и защитных технологий с целью минимизации ущербов; обоснование выбора участков территории страны для размещения коммунальных отходов и отходов производства с учетом требований зеленой экономики; разработку экологических требований к развитию техногенеза в арктических условиях с учетом их высокой чувствительности к изменению окружающей среды; совершенствование и нормализацию нормативных и законодательных актов в области геоэкологии и техногенеза с учетом зарубежного опыта.

**Океанология** в 2022 г. в России охватывала исследования проблем физики и химии океана, исследования в области морской геологии с изучением процессов 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.

**Гидрология суши** в 2022 г. крайне актуальное направление в свете экологической безопасности

России. Проведена оценка трех основных источников угроз национальной безопасности, связанных с опасными гидрологическими явлениями и проблемами водноресурсного обеспечения: катастрофические наводнения, сопровождаемые человеческими жертвами и наносящие огромный материальный ущерб; наличие в отдельных регионах Российской Федерации дефицита водных ресурсов и высокое загрязнение природных вод; имеющееся в ряде регионов несоответствие качества питьевой воды санитарным нормам, а также ограниченный уровень доступа населения к централизованным системам водоснабжения.

Вопросы гидрологии, гидравлики, гидрофизики, гидрохимии, гидроэкологии составляют научную основу управления водным хозяйством, устойчивого водообеспечения населения и экономики, защиты от негативного воздействия водообусловленных природных явлений и процессов, охраны вод. Решение всех этих вопросов опирается на методы компьютерного моделирования, применения информационных технологий, искусственного интеллекта, современных средств связи, передовой контрольно-измерительной техники, дистанционного зондирования Земли.

**Науки об атмосфере** в 2022 г. занимали значимую часть исследований в науках о Земле. Исследовались состав, структура и динамика атмосферы (включая ионосферу и магнитосферу), атмосферные процессы и явления, в том числе экстремальные, а также вопросы химии атмосферы, ее малые газовые составляющие, аэрозоли и вода в атмосфере.

**Климатические исследования** являются важными в контексте развития фундаментальной науки и с точки зрения прикладных аспектов. Климатические проблемы, вопросы происходящего потепления являются глобальным вызовом современной цивилизации. Построение надёжных сценариев будущих климатических изменений невозможно без понимания физических механизмов климатических колебаний, оценки роли различных обратных связей в климатической системе.

В области климатологии проводилось моделирование и прогнозирование изменения климата Земли, изучение проблем адаптации и регулирования, связанных с изменением климата, и оценка неэкономических потерь и ущерба от изменения климата.

#### **Главные результаты за 2022 год**

**Главные результаты за 2022 год** в области наук о Земле отвечают нескольким Государственным программам Российской Федерации, а также Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021 - 2030 годы).

**Арктическая зона Российской Федерации** в силу природно-географических и геополитических причин имеет особую важность для России, и необходимость ее комплексного изучения закреплено в нескольких федеральных программах РФ, включая: Государственная программа (комплексная программа) Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации (2022-2030)»: 6. Направление (подпрограмма) «Связанность территории Российской Федерации за счет 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 2022 г. получен целый комплекс научных результатов в области наук о Земле, важных для

развития Арктической зоны Российской Федерации.

Опубликована уникальная по объёму и качеству новых материалов коллективная монография «Сейсмостратиграфия, палеогеография и палеотектоника Арктического глубоководного бассейна и его российских шельфов», подготовленная ведущими учеными РАН, отраслевых институтов и Высшей школы по геологии Арктики на основе содержательной интерпретации сейсмических профилей с выделением и прослеживанием на большей части океана и его шельфов ключевых границ, разделяющих основные сейсмические комплексы; геологических данных по островной и прилегающей материковой суше; сведений о возрасте линейных магнитных аномалий в Евразийском бассейне, а также бурения морских скважин. Полученные результаты имеют первостепенную важность для экономического освоения АЗРФ, включая и научное обоснование Заявки Российской Федерации о внешней границе её континентального шельфа в Северном Ледовитом океане, направленной в Комиссию ООН (**ГИН РАН, ВНИИОкеангеология, МГУ и др.**).

Для Российской части Арктического океана и его шельфовых областей разработана и подробно обсуждается современная схема сейсмостратиграфии. Основой для неё явились результаты интерпретации многочисленных сейсмических профилей с выделением ключевых границ, разделяющих основные сейсмические комплексы, геологические данные по прилегающей островной и материковой суше, сведения о возрасте линейных магнитных аномалий в Евразийском бассейне, а также данные бурения ряда скважин непосредственно в акватории. В истории Арктического океана выделено три этапа развития: 133–125 млн лет (главная фаза формирования Канадского бассейна), 125–56 млн лет (формирование поднятия Альфа-Менделеева и сопряженных с ним глубоководных бассейнов), 56–0 млн лет (раскрытие Евразийского бассейна). Для района поднятия Альфа-Менделеева предложена новая геодинамическая модель развития, что позволяет составить представление о формировании осадочного выполнения разнообразных бассейнов осадконакопления Российской Арктики и ряда прилежащих областей, значимое для обоснования границы арктического шельфа России (**ВНИИОкеангеология, ИНГГ СО РАН, ГИН РАН и др.**).

Впервые установлено, что структурная организация западной части арктического шельфа России обусловлена сложным сочленением трех разновозрастных континентальных литосферных плит в пермь-раннетриасовое время при закрытии Уральского палеоокеана, что существенно меняет взгляды на геодинамическую эволюцию данного региона. На основе палеосейсмогеологических, литологических, хронологических, палинологических и диатомовых данных выполнены реконструкции палеоэкологических обстановок для центральной части Кольского региона (северо-восток Фенноскандинавского щита), впервые представлена региональная стратиграфическая схема голоцена, вполне согласующаяся с выявленными этапами активизации сейсмичности региона (**ГИ КНЦ РАН**).

В результате изучения термической структуры арктической литосферы по комплексу геофизических данных построена новая модель геотермального теплового потока в Арктике. Расчёт теплового потока основан на оптимизационной задаче инверсии сейсмических и магнитных данных, подкреплённых прямыми измерениями. Новая модель хорошо согласуется с данными натуральных наблюдений и соответствует представлениям о тектонической истории арктической литосферы, а также обнаруживает зоны повышенного теплового потока в Беринговом проливе, Чукотском море и в древней рифтовой зоне, разделяющей Восточную и Среднюю Сибирь. Создана геоинформационная система краткосрочного прогноза интенсивности полярных сияний и положения аврорального овала, что представляется исключительно важным для предупреждения и своевременной защиты высокотехнологичных систем в арктическом регионе от негативного воздействия космической погоды. К таким системам относятся

энергетические сети, трубопроводы, железнодорожная инфраструктура, наклонно-направленное бурение, радиосвязь и т.д. Особенно это актуально сейчас, в начале очередного цикла солнечной активности (**ГЦ РАН**).

Показано, что климатические изменения в западном секторе Российской Арктики идут высокими темпами, за последние 30 лет скорость повышения среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанций на территории криолитозоны изменяется от 0,08 до 0,16°C/год, в среднем составляет 0,09°C/год. Теплый период увеличился на 2 недели, а среднее количество атмосферных осадков увеличилось на 50-100 мм/год. На фоне климатического потепления повсеместно наблюдаются положительные тренды глубины протаивания (**ИКЗ СО РАН**).

Впервые по данным спектрометра TROPOMI выполнен комплексный анализ концентраций метана в атмосфере (КМА) над сушей Циркумарктического мегарегиона в 2019 - 2021 гг. Установлено, что, несмотря на аномально высокие темпы роста средних температур воздуха в Арктике, средняя КМА в мегарегионе все три года была ниже глобальной на 2-2,5%. Для севера Западной Сибири выявлены особенности региональных изменений КМА и показана их связь с колебаниями температуры воздуха вблизи поверхности земли, при этом в летне-осенние периоды 2020 г. установлено повышение средних значений КМА, а в 2021 г. – их понижение, связанное с региональным похолоданием. При этом на фоне регионального понижения КМА зафиксировано её локальное повышение в центральной части полуострова Ямал, которое, видимо, связано с миграцией глубинного газа по разломам, в том числе в районе Нейтинского месторождения. Получена принципиально новая информация о состоянии криолитосферы шельфа Восточно-Сибирского моря и выявлена значительно меньшая, чем считалось ранее, зона распространения мерзлых пород и газогидратов. Обоснована незначительность влияния природной и техногенной эмиссий метана на суше и акваториях Арктики на глобальное изменение климата (**ИПНГ РАН**).

Многолетний цикл молекулярных и изотопных ( $\delta^{13}\text{C}$ -  $\delta^{15}\text{N}$  - $\Delta^{14}\text{C}$ ) исследований наземного органического вещества (ОВ), мобилизованного в результате деградации мерзлоты в водосборах великих сибирских рек и берегового ледового комплекса, позволил выявить следующее. (1) Сток арктических рек определяет вынос ОВ почвенного и торфяного происхождения. (2) Максимальный вклад эрозионного ОВ ледового комплекса характерен для морей восточно-арктического шельфа, а ОВ торфяного генезиса – для шельфа западно-арктического Карского моря. (3) До 99% взвешенного ОВ восточно-арктического шельфа имеет терригенное происхождение. Терригенный сигнал ОВ ослабевает по направлению к материковому склону, где доминирует ОВ морского происхождения. (4) Количественно оценены различия в поведении компонентов ОВ. Фенолы лигнина изымаются из миграции примерно в 2 раза быстрее по сравнению с липидными биомаркерами, и в 3 раза быстрее, чем ОВ в целом. (5) Основным продуктом реминерализации вовлеченного в перенос терригенного ОВ многолетней мерзлоты является двуокись углерода, что определяет климатическую роль этого процесса (**ТОИ ДВО РАН, совместно со Стокгольмским университетом, Швеция**).

Разработана «Концепция функционирования и развития сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Мурманской области до 2024 года и на перспективу до 2035 года», утвержденная Постановлением Правительства Мурманской области. Обосновано создание до 2024 г. четырнадцати ООПТ, в основном это памятники природы регионального значения, расположенные в районах ведущейся хозяйственной деятельности. Концепция может быть использована как модельная при разработках сети ООПТ других регионов Арктической зоны Российской Федерации (**ИППЭС КНЦ РАН**).

**Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр** является одним из

ключевых направлений Государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов». В 2022 г. научными организациями под научно-методическим руководством ОНЗ РАН получены важные результаты по научным направлениям обеспечения стратегических потребностей Российской Федерации в минеральном сырье.

Научно и экспериментально обоснованы энергетические и физико-химические методы интенсификации процессов и технологии комплексного извлечения и селективного разделения редких и редкоземельных элементов при глубокой переработке эвдиалитового концентрата Ловозерского месторождения, обеспечивающие снижение потерь ценных компонент с силикагелем на 29,0 % и повышение извлечения Zr на 8,5-%, РЗЭ – на 4,3 % (**ИПКОН РАН**).

Уменьшение доступности высококачественных бокситов, в особенности, для России, делает неизбежной переработку высококремнистого сырья из отходов и другого доступного сырья, в связи с чем необходимо разрабатывать кислотно-солевые способы, пригодные для этих источников. Учёными ГЕОХИ РАН разработан замкнутый процесс получения глинозема металлургического качества из низкосортных глиноземсодержащих отходов и концентратов их переработки с использованием бисульфата аммония в качестве выщелачивающего агента, рекуперированного в технологическом цикле. Определены условия, при которых возможно максимальное отделение алюминия от примесей железа без использования вспомогательных реагентов. Разработаны новые физико-химические процессы для количественного выделения полупродуктов и конечного продукта-глинозема высокого качества, соответствующего требованиям российских и зарубежных производителей (**ГЕОХИ РАН**).

Эпитермальные Au-Ag-Se-Te месторождения Чукотки обогащены селеном и теллуром, что позволяет рассматривать их как источники высокотехнологичного сырья. Они классифицированы как руды промежуточно-сульфидизированного типа, образовавшиеся из слабо концентрированных флюидов смешанного магматогенно-метеорного происхождения при 120-390° С. Обоснована их генетическая связь с геологическими событиями, в результате которых возникли меловой окраинно-континентальный Охотско-Чукотский (ОЧВП), позднеюрско-раннемеловой, островодужный Олойский (ОВП) вулканические пояса и постколизийные раннемеловые вулканические впадины. Выявлены геолого-геохимические различия месторождений различных металлогенических зон: Максимальные величины температур и соленостей характерны для флюидов из Центрально-Чукотского сектора ОЧВП и Баимской зоны ОВП, а минимальные — для флюидов Восточно-Чукотской фланговой зоны и внутренней зоны ОЧВП. Соленость минералообразующих флюидов внутренней зоны ОЧВП в среднем вдвое меньше, чем флюидов Восточно-Чукотской фланговой зоны ОЧВП. Зональность указывает на возможность прогнозирования во внутренней зоне ОЧВП Au-Ag эпитермально-порфировых месторождений, что значительно улучшит минерально-сырьевую базу Чукотки (**ИГЕМ РАН**).

Сформулирована и опубликована «Новая парадигма алмазоносности Сибирской платформы», которая дает адекватный подход к оценке коренной и россыпной алмазоносности Сибирской платформы и позволяет объективно оценивать перспективность площадей с проявлениями алмазоносности. Парадигма уже встроена в геологоразведочные работы организаций, ведущих поиски коренных и россыпных месторождений алмазов на Сибирской платформе (**ИГМ СО РАН**).

**Важнейшие фундаментальные результаты** получены по многим наукам о Земле, что отвечает Государственной программе (комплексной программе) Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации (2022-2030)»: 11. 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».

### **Геофизика**

Для количественной интерпретации данных скважинной электротометрии разработаны быстрые нейросетевые алгоритмы численного моделирования и инверсии сигналов гальванических и электромагнитных зондов в классе двумерных геоэлектрических моделей. Апробацией на практических данных из скважин Западной Сибири показана высокая эффективность и точность созданного программного обеспечения, что достигается использованием оригинальных алгоритмов вычисления сигналов методом конечных элементов, расчетом обучающих выборок в широком диапазоне значений электрофизических характеристик разрезов Западной Сибири, учетом конструктивных особенностей каротажных приборов. Применение алгоритмов направлено на определение электрофизических характеристик нефтегазовых коллекторов в условиях влияния на сигналы вмещающих отложений и измененных при бурении прискважинных зон **(ИНГГ СО РАН)**.

Проведены сбор и интерпретация материалов сейсморазведочных работ МОГТ, глубокого бурения на территории девяти нефтегазоносных областей центральных и южных районов Республики Саха (Якутия) в 2000-2021 гг., созданы цифровые геолого-геофизические модели региональных осадочных комплексов. Выполненные работы являются научной основой для проектирования геологоразведочных работ и лицензирования недр, развития нефтегазового комплекса Дальнего Востока, газификации территории Республики Саха (Якутия) и Амурской области, формирования на востоке России нефтегазоперерабатывающей, нефтегазохимической и гелиевой промышленности **(ИНГГ СО РАН)**.

Подтверждено выполнение закона о продуктивности землетрясения для широкого диапазона магнитуд: для землетрясения магнитудой 6 и выше в островной части Японии число их прямых афтершоков в магнитудном интервале шириной 5 единиц имеет экспоненциальную форму. В моделировании сейсмичности это позволяет заменить неверное предположение о постоянной продуктивности землетрясений экспоненциальным распределением. Различаются два показателя продуктивности: число прямых афтершоков и число всех афтершоков. Рассмотрена общая модель сейсмичности каскадного типа с иммиграцией. Показано, что невозможно совпадения типов распределения указанных выше статистик. Также показано, что кластеры с доминантной начальной магнитудой отличаются от кластеров событий общего типа тяжёлым хвостом распределения. Эмпирические данные подтверждают заключение такого рода **(ИТПЗ РАН)**.

Разработана модель деформации литосферы в зонах субдукции, основанная на теории изгиба толстых плит. На стыке изгибающихся океанической и континентальной плиты в зонах субдукции происходят мощнейшие землетрясения. До сих пор для моделирования процесса субдукции использовалась теория изгиба тонких пластинок Кирхгофа и рассматривалась только деформация океанической литосферы. Однако критерий применимости этой теории в зонах субдукции строго не выполняется. Авторы исследовали теорию толстых плит для двумерных моделей, которые в основном и используются для изгиба литосферы. После преобразований уравнения изгиба толстых плит записаны в форме, позволяющей рассчитывать функцию изгиба с высокой точностью, но столь же просто, как по теории тонких плит Кирхгофа. Полученные результаты можно использовать для построения аналитической теории циклического изгиба края континентальной плиты, вызывающего субдукционные землетрясения, а также уточнить почти на порядок ранние расчеты 2D-изгиба плит и балок при различных граничных условиях и

различных типах нагрузок **(ИФЗ РАН)**.

Катастрофическое извержение вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай планетарного масштаба в январе 2022 года затронуло как внешние, так и внутренние геосферы Земли. Сгенерированные в атмосфере акустико-гравитационные волны Лэмба вызвали в земной коре возмущения аналогичных периодов, зарегистрированные лазерными деформографами на морской экспериментальной станции «м. Шульца» на побережье Японского моря. Помимо этого, атмосферный импульс и волны Лэмба при распространении над акваториями Тихого океана и Японского моря возбудили в них метеоцунами на периодах, соответствующих сейшам (собственным колебаниям) мест расположения станций регистрации **(ТОИ ДВО РАН)**.

Предложена новая модель распространения сигнала атмосферного давления от извержения вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай, объясняющая закономерности в изменении формы наблюдаемого сигнала с удалением от источника. Модель основана на решении уравнения Кортевега де-Вриза, описывающего изменение формы волны Лэмба в зависимости от расстояния, а результаты расчётов заверены данными натурных наблюдений на инфразвуковых станциях. Полученные оценки энергии извержения вулкана по данным на расстоянии 2858 км имеют значения, существенно превышающие энергию в 58 МТ ТНТ, а также оценку энергии извержения вулкана в 18 МТ ТНТ, данную в зарубежных работах. Методы оценки энергии мощных взрывов могут применяться в Международной сети инфразвукового мониторинга Договора о Всеобъемлющем Запрещении Ядерных испытаний **(ИФА РАН)**.

Впервые в одном измерительном пункте с использованием уникальной научной установки «Среднеширотный комплекс геофизических наблюдений «Михнево» удалось зарегистрировать геофизические эффекты, вызванные извержением вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай на расстоянии ~15000 км. Мультидисциплинарный анализ синхронных измерений различных геофизических параметров позволил проанализировать воздействие молниевой активности вулкана на амплитуду Шумановского резонанса, сейсмические и микробарические возмущения, вариации геомагнитного поля, возмущения концентрации микрочастиц и электрического поля в приземном слое атмосферы, гидрогеологический отклик водоносных горизонтов, что позволяет провести исследования механизмов взаимодействия геофизических возмущений в системе литосфера-атмосфера-ионосфера, способствуя развитию физических и прогностических моделей атмосферы и ионосферы Земли **(ИДГ РАН)**.

Разработана и внедрена методика прогнозирования извержений вулканов. Разработанная в Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН и внедренная в практику оперативной обработки землетрясений полностью формализованная методика прогнозирования извержения вулкана Безымянный на основе статистической оценки уровня сейсмичности показала свою работоспособность в режиме реального времени: выявлена подготовка всех восьми извержений вулкана Безымянный в 2015-2020 гг. **(КФ ФИЦ ЕГС РАН)**.

Разработаны основы технологии автоматизированного мониторинга железнодорожной насыпи, в которой движущиеся поезда используются в качестве источников сигнала для её исследования. Получены согласующиеся с экспериментом аналитические решения задачи деформирования насыпи, позволявшие оценить поведение грунтов при климатических изменениях, дать количественные оценки параметров упругости и вязкости в условиях естественного залегания грунтов **(ФИЦКИА РАН)**.

#### **Геодинамика и тектоника**

Проведен анализ всех данных по базитовым комплексам мира с возрастом 1.79–1.75 млрд лет и показано, что в Северном Китае, Сарматии и кратонах Сан-Франциско/Конго наблюдается непрерывный магматизм на протяжении всего этого периода геологической истории Земли. Данные с других континентов

свидетельствуют в пользу одного (Фенноскандия, Янцзы, Рио-де-ла-Плата, Амазония, Австралия), двух (Сибирь, Индия), трех (Западная Африка) или четырех (Лаврентия) отдельных магматических событий. Сделан вывод о том, что подавляющее большинство базитов, сформировавшихся на этом этапе масштабного внутриконтинентального растяжения, были образованы за счет источников, несущих в себе компоненты не плюма, а предыдущих субдукционных процессов и(или) коровой контаминации (ИЗК СО РАН).

#### **Петрология, литология, минералогия, элементная и изотопная геохимия**

Впервые экспериментальное моделирование взаимодействия водного флюида и оливина при P-T параметрах выше поля устойчивости серпентина (700°C и 2 кбар) показало способность  $Fe^{2+}$  в оливине к восстановлению  $H_2$  из флюида по реакции  $3Fe_2SiO_4 + 2H_2O = 3SiO_2 + 2Fe_3O_4 + 2H_2$ ; далее продукты реакции разделяются за счет разных скоростей диффузии  $H_2$  и  $Fe^{3+}$  в оливине. Продукты подобного взаимодействия широко проявлены в виде включений флюида и шпинели в оливине из ультраосновных ксенолитов Камчатки и Курильских островов. Согласно термодинамическим расчетам, парциальное давление свободного  $H_2$  может достигать десятков бар, а указанная реакция возможна при высоких параметрах, характерных для верхней мантии (1250 °C, 20 кбар). От серпентинизации исследованный процесс отличается более высокими P-T параметрами и продуктами реакции. Восстанавливающая способность оливина относительно невелика, но с учётом значительных объёмов оливиновых пород в литосфере, суммарный эффект может быть значительным. Выделяющийся водород может восстанавливать поливалентные элементы (например,  $S^{4+}$ ,  $S^{6+}$ ) во флюидах и силикатных расплавах в зонах субдукции, таким образом, понижая редокс-потенциал мантийного клина (ИЭМ РАН).

Новые знания о природных минералах служат основой для поиска и разработки соединений, необходимых в практической деятельности человечества. Это приоритетное направление в науках о Земле успешно развивается российскими учеными. В 2022 г. российскими учеными было открыто 26 новых минералов, которые представляют широкий спектр условий образования от глубинных магматических камер до приповерхностных пустот на местах угольных пожаров. Имея фундаментальные знания о свойствах минералов, сотрудники КНЦ РАН впервые исследовали возможность применения термоактивированных серпентиновых материалов (хризотила и лизардита), которые являются отходами горнодобывающей промышленности, для восстановления почв, загрязненных токсичными металлами. В десятилетнем полевом эксперименте в зоне действующего предприятия цветной металлургии в Субарктическом регионе РФ показана эффективность материалов для снижения суммы подвижных фракций и увеличения доли прочносвязанной фракции потенциально токсичных металлов, а также мелиоративный эффект от обогащения почвы кальцием и магнием (ЦНМ КНЦ РАН, Минералогический Музей РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова).

Впервые для 20 колчеданно-полиметаллических месторождений Рудно-Алтайской провинции определён изотопный состав Pb и его эволюционные характеристики. С помощью высокоточного ( $\pm 0.02\%$ ) метода выявлена исключительно высокая однородность изотопного состава Pb в линейном поясе протяженностью около 500 км. Изотопный состав Pb провинции не содержит изотопных «меток» астеносферного происхождения. Эволюционные характеристики источника Pb и ассоциирующих с ним металлов позволяют рассматривать в качестве источника вещества субконтинентальную литосферную мантию. Этот источник носил региональный характер, был гомогенным в химическом и изотопном отношении и единым для всех месторождений. Выявленное единство источника металлов и его глубинный характер объясняют гигантский масштаб минерализации Рудного Алтая (ИГЕМ РАН).

#### **Литология, стратиграфия, палеонтология**



Решением Исполнительного комитета Международного союза геологических наук уральский артинский ярус признан легитимным подразделением Международной стратиграфической шкалы. Предложение касается размещения разреза и точки глобальной границы (GSSP) на уровне первого появления конодонта *Sweetognathus asymmetricus*: на высоте 0,6 м над основанием слоя 4b в разрезе Дальний Тюлькас на территории Башкортостана. Интерполированный геохронологический возраст между  $290.1 \pm 0.2$  млн лет и  $290.5 \pm 0.4$  млн лет, значения стронциевого отношения около 0.70767 и многие дополнительные группы окаменелостей, особенно аммоноидеи и фузулины, служат дополнительными маркерами для корреляции границы. Это второй «золотой гвоздь» в практике стратиграфических исследований по разработке международной стратиграфической шкалы, проводимых в России. Ссылка на сайт международной комиссии по стратиграфии: <https://stratigraphy.org/gssps/#permian> (ИГиГ УрО РАН).

Монографически изучены коллекции ископаемых растений из терригенно-вулканогенных морских отложений, обнажающихся на острове Беринга (Командорские о-ва). Показано, что ископаемая флора о-ва Беринга отражает смешанную хвойно-широколиственную растительность, сопоставимую с ковачинской флорой Западной Камчатки и является важным корреляционным уровнем в эоцене Северо-Востока России (ГИН РАН).

Для стратиграфического обеспечения прогнозно-поисковых работ на углеводороды в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (НГП) выделена серия глобальных изотопных аномалий и экскурсов по углероду, которые служат надежными корреляционными реперами в разнофациальных толщах. В разрезе доманиково-турнейского нефтегазоносного комплекса (НГК) Тимано-Печорской НГП установлены региональные проявления изотопных экскурсов ( $\delta^{13}\text{C}$ ) в среднем фране (доманиковый горизонт), терминальном фамене (гумеровский горизонт), в турнейском ярусе (высокоамплитудная сложная аномалия в кизеловско-козьвинском ярусе). Результаты применения изотопно-стратиграфического метода существенно уточняют традиционные биостратиграфические построения, особенно в интервалах разреза, бедных органическими остатками. Экогеохимический вариант изотопно-стратиграфического метода опробован на разрезах разнофациальных отложений позднего девона – раннего карбона восточной части Печорской плиты и северо-запада Восточно-Европейской платформы – и продемонстрировал высокий потенциал для внутри- и межрегиональных корреляций. Кроме того, на основе получаемых этим методом данных возможна сравнительная оценка первичной биопродуктивности древних экосистем как источника органического вещества для формирования нефтегазоматеринских толщ (Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).

Научно обоснованы масштабы и генетические источники углеводородов в пределах нефтегазовых мегарезервуаров, расположенных на больших глубинах осадочного чехла. Впервые выявлены отличия механизмов формирования скоплений углеводородов в мегарезервуарах верхних (проточных) и нижних (гидродинамически закрытых) нефтегазоносных этажей. Обосновано развитие в нижних этажах нефтегазоносных провинций стагнационного водонапорного режима, что приводит к утрате с глубиной скоростей катагенетической флюидогенерации; к резкому снижению диффузионных и миграционных потерь; к пространственно-временному сопряжению процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления УВ. В совокупности эти свойства определяют обстановку *in situ* образования гигантских месторождений нефти и газа в мегарезервуарах (ИПНГ РАН, ГИН РАН).

#### **Изотопная геохронология**

Благодаря внедрению метода дискретной химической абразии при U-Pb (ID-TIMS) геохронологическом изучении бадделеит-цирконовых агрегатов и комплексным геохронологическим,

петрологическим и геохимическим исследованиям расшифрована история формирования коронарных структур в габброноритах Беломорской провинции. Доказано, что формирование оболочек циркона ( $1911 \pm 35$  млн лет) в баделеит-цирконовых агрегатах происходило синхронно с ростом коронарных структур в породах в результате метаморфизма пород в условиях гранулитовой фации в ходе лапландско-кольской орогении через 500 млн лет после кристаллизации пород ( $2411 \pm 6$  млн лет) (**ИГ КарНЦ РАН, ИГГД РАН**).

#### **Горные науки**

На основе установления закономерностей формирования напряженно-деформированного состояния массива в зоне очистных работ обоснованы параметры инновационной геотехнологии совместной разработки разнородных руд на сверхглубоких (2 км) горизонтах рудников Норильского района, предусматривающая предконцентрацию руд под землей и использование пород, не содержащих полезных компонентов, для закладки выработанного пространства с целью создания устойчивой горнотехнической системы, повышающей эффективность и безопасность работ, за счёт внедрения автоматизированных комплексов горно-обогажительного производства (**ИПКОН РАН**).

Разработана и верифицирована методика математического моделирования динамики оседания земной поверхности в процессе движения фронта очистных работ при отработке калийных руд длинными забоями. Показана возможность достижения соответствия между расчетными оседаниями и натурными наблюдениями за сдвижением земной поверхности на основе учета фактической скорости движения забоя лавы и вариации свойств обрушенных пород (**ГИ ПФИЦ УрО РАН**).

Обоснован новый реагентный комплекс для выщелачивания урана из руд, основу которого представляет метастабильная моноадугольная кислота, которая образуется в процессе обработки содовых растворов в проточных электрохимических реакторах. Метастабильная моноадугольная кислота диспропорционирует на перекись водорода, выполняющую роль окислителя, и угольную кислоту, выполняющую для урана функцию комплексообразователя. При выщелачивании предложенным раствором формируются комплексные карбонатные соединения урана, которые могут извлекаться из продуктивных растворов ионообменными смолами. Предложенный комплекс экспериментально протестирован на стенде на крупнообъемных навесках пробы урановой руды гидрогенного месторождения со значительной долей в ней сложнорастворимых урансодержащих минералов - коффинита и уранофана. Экспериментальный раствор позволил достичь 87-88-ми %-го извлечения урана в продуктивные растворы за 21 день. При этом использование контрольных сернокислотных и стандартных карбонатных (необработанных) растворов за тот же период времени обеспечивало его извлечение только в интервале 52-59 % (**ИГД ДВО РАН - подразделение ХФИЦ ДВО РАН**).

Создано новое направление конструирования механизированных крепей с выпуском угля подкровельной и межслоевой толщи (**Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, ИГД СО РАН**).

#### **География, геоэкология и рациональное природопользование**

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. Выявлены признаки субазральных условий осадконакопления на шельфе. На основании серии кернов мощностью до 25 м с косы Долгой и радиоуглеродных датировок показано, что ее формирование началось около 2 500 л.н. и карбонатный материал отражает историю развития бентосной фауны моря. Выявлены внутривековые изменения климата: холодный (многоводный; 1884-1942 гг.), переходный (1942-1985 гг.) и теплый (маловодный; 1986-2020 гг.) периоды. Новым техногенным индикатором скорости

осадконакопления могут быть угольные шлаки, оставшиеся от эпохи парового судоходства, которые маркируют горизонт 1860-1960 гг. (**ЮНЦ РАН**).

Показано влияние санкций и контрсанкций на развитие АПК России и сдвиги в его территориальной организации. До 2022 г. около половины добавленной продукции в агрокомплексе России создавалось с помощью иностранного участия. Это касается семенного фонда, средств защиты растений, генетического материала птицеводства, свиноводства, мясного животноводства, кормовых добавок, ветеринарии, а также запчастей сельскохозяйственной техники и оборудования для предприятий производства животноводческой продукции. В 2022 г. благодаря накопленным запасам последствия санкций были сравнительно невелики. Но создание некоторых собственных и необходимых для развития АПК производств в России потребует несколько лет. Крупные предприятия, в том числе агрохолдинги, глубоко вовлеченные в международное разделение труда, оказываются наиболее зависимыми от импорта. Его сокращение повлечёт за собой уменьшение продуктивности и удорожание единицы продукции. Такие эффекты санкций можно прогнозировать на ближайшие годы для южных растениеводческих регионов и регионов с наибольшей концентрацией крупных животноводческих предприятий – регионов с ведущими центрами (Московской, Ленинградской, Нижегородской, Свердловской, Новосибирской областей), Центрального Черноземья, Предуралья, равнинного Предкавказья (**ИГ РАН**).

Разработаны основные направления адаптации технологий степного землепользования к современным антропогенным и климатическим изменениям. Выявлены исторические, технологические и климатические предпосылки снижения качества земель и продуктивности сельскохозяйственных угодий степных регионов России (**Институт степи УрО РАН**).

Разработаны методические подходы к оценке социо-эколого-экономической устойчивости территорий с применением двухэтапной сетевой модели анализа среды функционирования и интегрального показателя, определенного на основе мультипликативного подхода. Проведена апробация по природно-хозяйственным системам России, Казахстана, Монголии, выделены типы устойчивости и проведено ранжирование. Наибольшее влияние на устойчивость регионов России оказывает экономическая устойчивость, а казахских – экологическая. Экономически развитые российские регионы характеризуются как более высоким интегральным показателем, так и частными индикаторами социальной и экономической устойчивости. Выявлена положительная взаимозависимость между долей добывающих отраслей в ВРП и устойчивостью региона (**ИВЭП СО РАН**).

Развернута сеть мониторинговых полигонов для оценки влияния климатических сдвигов и антропогенного воздействия на природные комплексы Байкальской Сибири и сопредельных территорий. Данная работа включает базу данных, созданную в предшествующие годы сотрудниками лаборатории, и использует новые подходы и методы изучения спектра негативных процессов, распространенных в регионе – от деградации растительности до наледообразования (**БИП СО РАН**).

### **Океанология**

Проанализировано влияние регионального потепления на первичную продукцию в Карском море за последние два десятилетия (2002–2021 гг.). Используются данные натурных наблюдений, данные сканера цвета океана и модельные расчёты. Впервые показано, что интенсивное потепление арктического региона и снижение ледовитости привело не к возрастанию, как ожидалось, а к снижению первичной продукции. За 20 лет температура поверхностного слоя моря возросла на 3.55°C при тренде 10% в год, а площадь акватории, свободной ото льда в летний сезон, увеличилась на  $110 \times 10^3$  км<sup>2</sup> при тренде 1.4% в год. Увеличение площади открытой воды привело к увеличению интегральной для бассейна годовой первичной продукции на 0.7% в

год. Однако, величина относительной или «точечной» первичной продукции в столбе воды значительно уменьшалась во всех районах бассейна Карского моря. За два последних десятилетия это уменьшение составило 38 мгС/м<sup>2</sup> в день при тренде 1.1% в год. Также во всех районах зарегистрированы достоверные отрицательные тренды содержания хлорофилла “а” на поверхности моря. Оказалось, что увеличение площади открытой воды привело к увеличению облачности и снижению оптической прозрачности атмосферы. В результате уменьшилось количество необходимой для фотосинтеза солнечной энергии («фотосинтетически активной радиации»), достигающей поверхности моря. Итог работы имеет первостепенное значение для оценки и прогноза биологической продуктивности в российских арктических морях (ИО РАН).

Разработана система регистрации в режиме реального времени детальных полей приповерхностных течений, приводной скорости ветра и спектров ветровых волн в акваториях с размером порядка километра для широкого круга научных, прикладных и двойного назначения задач. Система реализована и апробирована на базе радиолокационных станций X- и Ka-диапазонов, работающих с океанографической платформы в Черном море в автоматическом режиме с управлением через Интернет. Восстановление характеристик морской среды осуществляется на основе созданной физической модели, воплощающей принципы спутникового мониторинга скорости ветра и состояния морской поверхности с помощью скаттерометров и радаров с синтезированием апертуры, а также данных исследования обрушений ветровых волн. На рисунках показаны примеры восстановленных поля векторов скорости течения и частотного спектра ветровых волн. Система не имеет мировых аналогов, недорогая и включает лишь компоненты отечественного производства (МГИ РАН).

Опубликована карта современной фациальной структуры Белого моря в масштабе 1:5 000 000, основой для построения карты явились многочисленные оригинальные и литературные данные по составу, структуре и циркуляции водной толщи, первичной продукции; литологии, минеральному и химическому составу современных осадков; рельефу дна, неотектонике, геоморфологии берегов; четвертичной геологии и геологии водосборов.

Создана газогенетическая методика, которая превосходит зарубежные аналоги и с помощью которой впервые наиболее полно охарактеризованы основные источники углеводородных газов в донных отложениях Мирового океана. В процессе изучения газовой составляющей обнаружено, что в районе наличия аномальных концентраций метана и его гомологов в донных осадках формируется не только специфические геохимические элементные ассоциации, скопления газогидратов, но и оазисы биоразнообразия. Детально газогеохимические исследования выполнены в районе континентальной окраины Восточно-Сибирского моря, что позволяет использовать новую методику экспрессных газогеохимических индикаторов для поисков углеводородного сырья в Арктической зоне РФ. Представленный результат даёт существенный вклад не только с позиций оценки нефтегазоносности акваторий, но и в вопросах исследования геологических источников природной эмиссии парниковых газов в акваториях Мирового океана (ТОИ ДВО РАН, совместно с ДВГИ ДВО РАН и AORI, Japan).

### **Гидрология суши**

Впервые рассчитаны современное мировое полное водопотребление (водозабор), составившее около 4500 км<sup>3</sup>/год, и безвозвратное водопотребление – 2450 км<sup>3</sup>/год. Из них на долю России приходится менее 2%. До 2021 г. полное мировое водопотребление возрастало в среднем на 24.0 км<sup>3</sup>/год, а безвозвратное на 12.6 км<sup>3</sup>/год, при этом в России водопотребление снижалось. Безвозвратный расход воды привёл к уменьшению мирового речного стока примерно на 6%, в России – менее чем на 1%. Более 60%

полного и свыше 80% безвозвратного водопотребления приходится на сельское хозяйство, доли коммунального хозяйства и промышленности составляют, соответственно, около 11 и 3%. При этом объем сточных и возвратных вод в мире превысил 2000 км<sup>3</sup>/год. Разбавление ресурсами речного стока (без безвозвратных изъятий) составляет около 20 раз, что явно недостаточно для сохранения высокого качества природных вод. В России кратность разбавления сточных вод около 200 раз. Выполненные расчёты дают представление о современной водохозяйственной карте мира и тенденциях в использовании водных ресурсов, а также о том, что Россия остаётся одним из главных источников мировых пресных вод (**ИГ РАН**).

Сформирована база геопространственных данных о гидрологических последствиях климатических рисков России в целях выделения ключевых речных бассейнов (водохозяйственных систем) проекта. Впервые на основе однородных источников информации с помощью физико-математической модели формирования речного стока ECOMAG проведены расчеты гидрологических характеристик в бассейнах основных рек Европейской России: Волги, Дона, Северной Двины, Печоры и Кубани. Для оценки регионального гидрометеорологического режима использованы данные ансамбля глобальных моделей климата при реализации сценариев глобального потепления на 1.5 и 2°C в 21 в. относительно доиндустриальных значений. Согласно результатам численных экспериментов при глобальном потеплении на 1,5 и 2°C величины относительного изменения стока рек Европейской территории России будут возрастать с севера на юг и с востока на запад, т.е. гидрологические системы в более мягком климате оказались чувствительнее к изменению метеорологических характеристик (**ИВП РАН**).

Дана прогностическая оценка изменений стока с водосбора Ладожского озера и р. Невы под воздействием возможного изменения регионального климата в соответствии со сценариями RCP (Representative Concentration Pathway). Это служит информационной основой для планирования мероприятий по совершенствованию систем водообеспечения Санкт-Петербурга и населенных пунктов Ленинградской обл. и Карелии, а также планированию развития водного транспорта в регионе (**ИНОЗ РАН – подразделение ФИЦ СПбНЦ РАН**).

#### **Климатические исследования**

На основе нового метода устойчивости земной климатической системы к сильным возмущениям и нелинейной эмпирической реконструкции оператора эволюции климата Земли продемонстрировано, что за последние 2,6 миллиона лет устойчивость глобального климата к возмущениям любой природы снижается, усиливая, тем самым, его реакцию на быстрые (с тысячелетним масштабом и меньше) климатические вариации. Показано, что именно этот фактор, обусловленный нелинейностью земной климатической системы, привёл к качественной перестройке эволюции глобального климата около миллиона лет назад: кардинально изменились продолжительность (с 41 тысячи лет на 100-120 тысяч лет) ледниковых циклов и их структура (на порядок возросло отношение продолжительностей холодной и тёплой фаз внутри каждого цикла) (**ИПФ РАН**).

В результате многолетних (2004–2021 гг.) исследований в 20 антарктических экспедициях впервые выявлены закономерности среднего пространственного распределения аэрозольной оптической толщи (АОТ), концентраций аэрозоля и поглощающего вещества (черного углерода) над океаном между Африкой и Антарктидой. Общей закономерностью является широтный спад всех характеристик в сочетании со шлейфом выноса антропогенного и пылевого аэрозоля с территории Африки. На фоне общего широтного спада в средних широтах проявляются особенности: у АОТ – максимум на 42°ю.ш.; у концентраций аэрозоля и черного углерода – сначала уменьшение значений, затем размытый максимум или плато и

основной спад до Антарктиды. Пространственное распределение определяется: в средних широтах – циклоническими выносами аэрозоля с континента; над Южным океаном – действием антарктического антициклона, препятствующим переносу воздуха к Антарктиде; широтным изменением скорости ветра и ледовитости океана, влияющими на генерацию морского аэрозоля. Определены градиенты широтного изменения и статистика характеристик аэрозоля для трех широтных зон, проведено сравнение с модельными данными реанализа MERRA-2 и оценены межгодовые колебания характеристик (**ИОА СО РАН, ААНИИ**).

Впервые получены количественные оценки изменений ветроэнергетических ресурсов в Арктике с использованием региональной климатической модели (РКМ). Выявлено заметное увеличение мощности ветроэнергетического потенциала (МВП) для 21 века над Баренцево-Карским и Чукотским морями зимой при использовавшихся сценариях антропогенных воздействий. Новые количественные оценки существенным образом уточняют последствия изменений климата для российских регионов (в частности, арктических) и могут применяться при развитии энергетики с учетом климатических изменений и при адаптации арктического региона к последствиям этих изменений (**ИФА РАН**).

## **Важнейшие достижения**

### **Секция геологии, геофизики, геохимии и горных наук**

**1. Опубликовано монография «Сеймостратиграфия, палеогеография и палеотектоника Арктического глубоководного бассейна и его российских шельфов», Труды ГИН РАН, вып. 632 (2022) (Рис. 161)**

Монография уникальна по объему представленных новых материалов из разных источников и качеству их обработки ведущими специалистами по геологии Арктики, представляющими разные ведомства и научные школы. Полученные результаты имеют первостепенную важность в решении практических задач геологии, в частности, в обосновании заявки Российской Федерации внешней границы ее континентального шельфа в Северном Ледовитом океане, направленной в Комиссию ООН. (**ГИН РАН**)

Монография доступна в электронном виде на сайте ГИНа:  
[http://www.ginras.ru/library/pdf/632\\_nikishin\\_etal2022\\_arctic.pdf](http://www.ginras.ru/library/pdf/632_nikishin_etal2022_arctic.pdf)

Монография А.М. Никишина и др. «Сейсмостратиграфия, палеогеография и палеотектоника Арктического глубоководного бассейна и его российских шельфов», Труды ГИН РАН, вып. 632 (2022)  
 Авторы из: МГУ, Роснедра, Роснефть, Росгеология, ГИН РАН, ВНИИОкеангеология, США и Великобритании

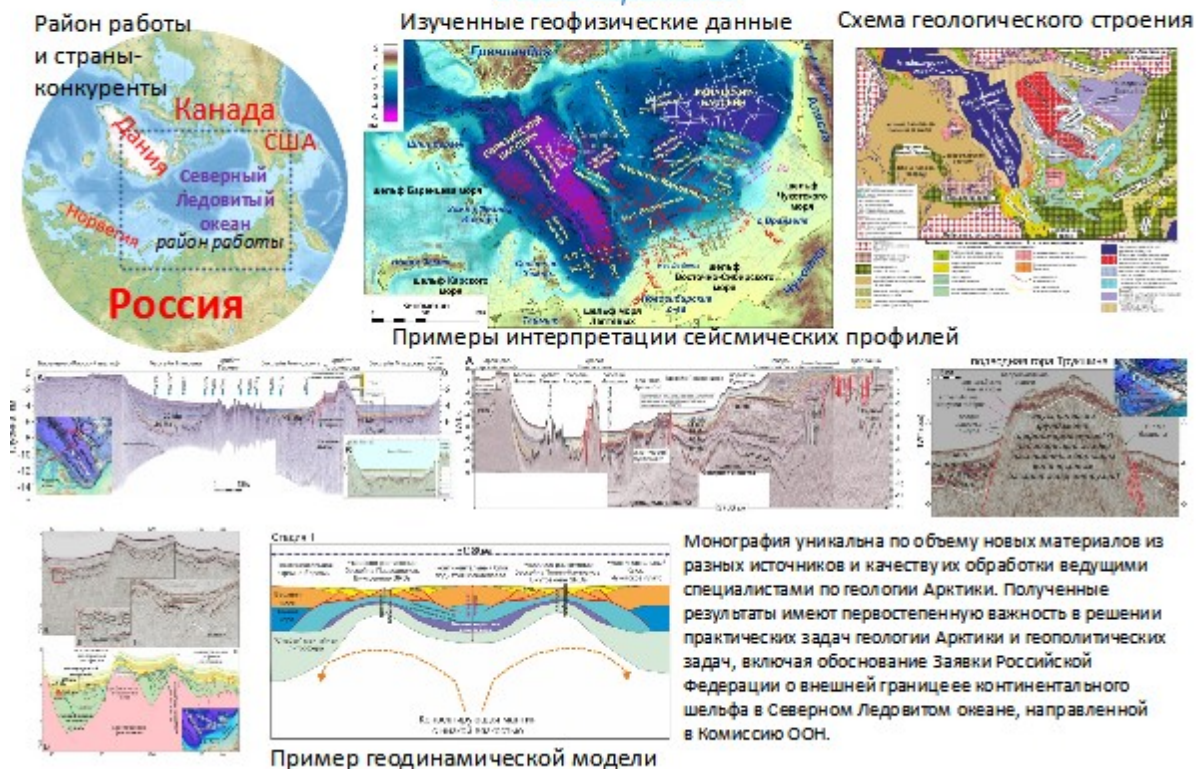


Рис. 161

**2. На основе современных вычислительных алгоритмов и машинного обучения создана технология интерпретации данных скважинной геоэлектрики для обеспечения импортонезависимости в нефтегазовой отрасли**

Для количественной интерпретации данных скважинной электротометрии разработаны быстрые нейросетевые алгоритмы численного моделирования и инверсии сигналов гальванических и электромагнитных зондов в классе двумерных геоэлектрических моделей. Апробацией на практических данных из скважин Западной Сибири показана высокая эффективность и точность созданного программного обеспечения, что достигается использованием оригинальных алгоритмов вычисления сигналов методом конечных элементов, расчетом обучающих выборок в широком диапазоне значений электрофизических характеристик разрезов Западной Сибири, учетом конструктивных особенностей каротажных приборов. Применение алгоритмов направлено на определение электрофизических характеристик нефтегазовых коллекторов в условиях влияния на сигналы вмещающих отложений и измененных при бурении прискважинных зон (Рис. 162, Рис. 163).

(ИНГГ СО РАН; авторы: Эпов М.И., Нечаев О.В., Петров А.М., Даниловский К.Н., Леоненко А.Р.)

Публикации:

Danilovskiy K., Petrov A., Asanov O., Sukhorukova K. Deep-Learning-Based Noniterative 2D-Inversion of Unfocused Lateral Logs // Russian Geology and Geophysics. 2022 (August). P. 1-7. DOI: 10.2113/RGG20224457; Эпов М.И., Петров А.М., Даниловский К.Н., Нечаев О.В. И др. Способ определения удельного электрического сопротивления терригенных нефтяных коллекторов по данным электрокаротажа субвертикальных скважин с использованием искусственных нейронных сетей / Патент РФ № 2774819.

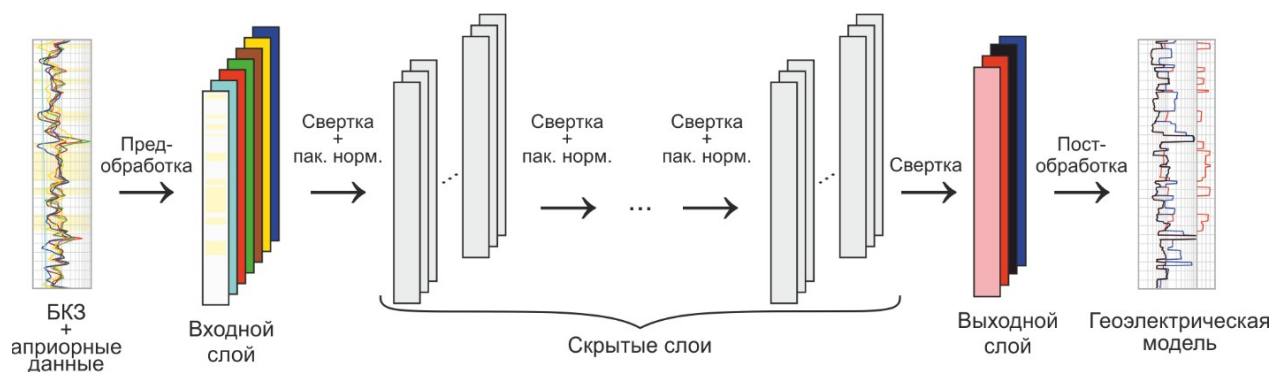


Рис. 162. Архитектура искусственной нейронной сети для экспресс-инверсии сигналов электротометрии в геоэлектрические модели.

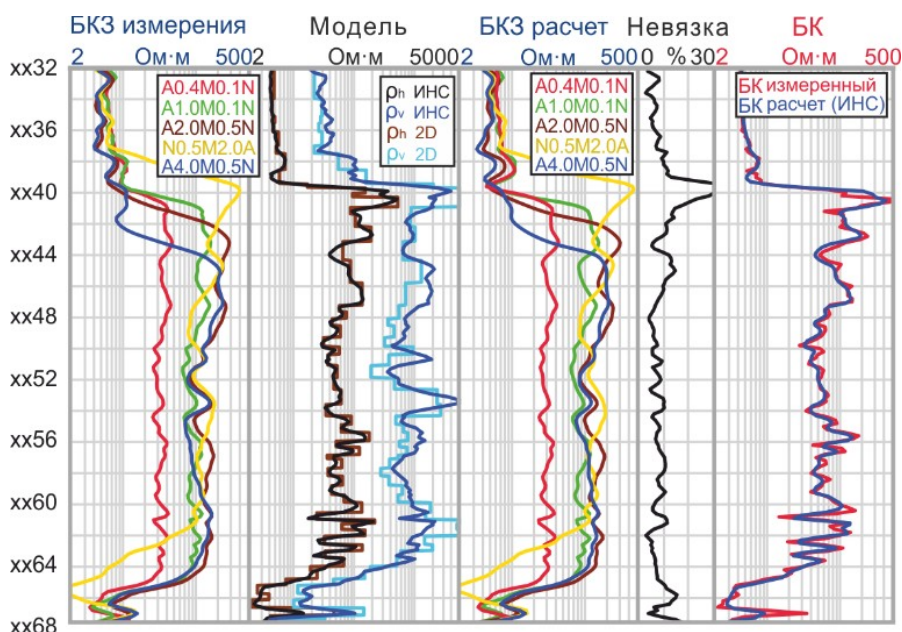


Рис. 163. Данные скважинной электротометрии, измеренные на интервале нефтегенерирующей баженовской свиты (Западная Сибирь); трансверсально макроанизотропная геоэлектрическая модель по результатам прямой экспресс- и итерационной инверсий; практически совпадающие измеренные и рассчитанные в модели сигналы электрического зондирования в скважине.

### 3. Уральский артинский ярус признан легитимным подразделением Международной стратиграфической шкалы

27 января 2022 года предложение В.В. Черных и Б.И. Чувашова (**Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН**), сделанное совместно с сотрудниками университетов Калгари (Канада), Милана (Италия), Британской геологической службы (Киурт, Ноттингемшир), Института геологии алмаза и благородных металлов (ИГАБМ СО РАН, Якутск), Геологического института (ГИН РАН, Москва), Палеонтологического института (ПИН РАН, Москва) и Казанского университета, принять разрез Дальний Тюлькас (Башкортостан) в качестве эталонного для нижней границы артинского яруса Международной стратиграфической шкалы ратифицировано Исполнительным комитетом Международного союза геологических наук.

Этим решением **уральский артинский ярус признан легитимным подразделением Международной стратиграфической шкалы**. Предложение касается размещения разреза и точки



глобальной границы (GSSP) на уровне первого появления конодонта *Sweetognathus asymmetricus*: на высоте 0,6 м над основанием слоя 4b в разрезе Дальний Тюлькас на территории Башкортостана. Интерполированный геохронологический возраст между  $290.1 \pm 0.2$  млн лет и  $290.5 \pm 0.4$  млн лет, значения стронциевого отношения около 0.70767 и многие дополнительные группы окаменелостей, особенно аммоноидеи и фузулины, служат дополнительными маркерами для корреляции границы (Рис. 164).

### Dalny Tulkas section



Рис. 164

Это второй «золотой гвоздь» в практике стратиграфических исследований по разработке международной стратиграфической шкалы, проводимых в России (Рис. 165).



[www.iugs.org](http://www.iugs.org)

**President**

Prof. John LUDDEN CBE  
The Lyell Centre,  
Heriot-Watt University, Edinburgh  
Edinburgh | EH14 4AP  
United Kingdom  
Tel: +44 (0) 7895 331 504  
Email: [J.Ludden@hw.ac.uk](mailto:J.Ludden@hw.ac.uk)

**Secretary General**

Prof. Stanley C. FINNEY  
Department of Geological Sciences  
California State University - Long Beach  
Long Beach, CA 90840  
USA  
Email: [Stan.Finney@csulb.edu](mailto:Stan.Finney@csulb.edu)

**Treasurer**

Prof. Hiroshi KITAZATO  
Tokyo University of Marine Science & Technology  
Building No. 5, Room 310  
4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477  
JAPAN  
Tel: +81-3-5463-4053  
e-mail: [kitazatohiroshi2@gmail.com](mailto:kitazatohiroshi2@gmail.com)

**Past President**

Prof. Qiuming CHENG  
Founding Director, State Key Lab of Geological  
Processes and Mineral Resources,  
China University of Geosciences  
29 Xueyuan Rd, Beijing 100083  
388 Lumo Rd, Wuhan 430074  
CHINA  
Tel: 86-10-82322133 (Beijing)  
Tel: 86-27-67885096 (Wuhan)  
Email: [qiuming.cheng@iugs.org](mailto:qiuming.cheng@iugs.org)

**Vice Presidents**

Prof. Hassina MOURI (SOUTH AFRICA)  
Prof. Daekyo CHEONG (REP. OF KOREA)

**Councillors**

Dr. Silvia PEPPOLONI (ITALY)  
Dr. Claudia Inés MORA (USA)  
Prof. Jennifer MCKINLEY (UK)  
Dr. Ludwig STROINK (GERMANY)

**Secretariat**

IUGS Secretariat  
c/o Chinese Academy of Geological Sciences  
No. 26, Baiwanzhuang Road  
Xicheng District, Beijing 100037  
CHINA  
Tel: +86-(10)-6899-9619  
Fax: +86-(10)-6831-0894  
Email: [secretariat@iugs.org](mailto:secretariat@iugs.org)

2 February 2022

Prof. Philipp Gibbard  
Secretary General, International Commission on Stratigraphy

Dear Prof. Gibbard,

I am pleased to inform you that the IUGS Executive Committee has voted overwhelmingly to ratify the GSSP proposal for the base of the Artinskian Stage of the Cisuralian Series and Permian System as approved by the International Commission on Stratigraphy and forward to the IUGS EC on 27 January 2022.

Congratulations to the International Commission on Stratigraphy. Also please send congratulations from the IUGS EC to Prof. Lucia Angiolini, Chair of the International Subcommittee on Permian Stratigraphy, and to Dr. Valery V. Chernykh, the lead author of the ratified GSSP proposal.

Sincerely,

Stan Finney  
Secretary General, International Union of Geological Sciences

---

## International Union of Geological Sciences

Рис. 165

*Ссылка на сайт международной комиссии по стратиграфии:*

<https://stratigraphy.org/gssps/#permian> Chernykh V.V., Henderson C.M., Kutugin R.V., Filimonova T.V., Sungatullina G.M., Afanasieva M.S., Isakova T.N., Sungatullin R.Kh., Stephenson M.H., Angiolini L., Chuvashov B.I. (2022). Final proposal for the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base-Artinskian Stage (Lower Permian). *Permophiles*, 72, p. 14-48. ISSN 1684-5927.

4. Научно и экспериментально обоснованы энергетические и физико-химические методы интенсификации процессов и технологии комплексного извлечения и селективного разделения редких и редкоземельных элементов при глубокой переработке эвдиалитового концентрата (Рис. 166) Ловозерского месторождения, обеспечивающие снижение потерь ценных компонент с силикагелем на 29,0 % и повышение извлечения Zr на 8,5-%, РЗЭ – на 4,3 %.

(ИПКОН РАН; авторы: академик РАН В.А. Чантурия, к.т.н. В.Г. Миненко, к.т.н. Рязанцева М.В., к.т.н. Самусев А.Л., к.г.-м.н. Копорулина Е.В.; проект Министерства науки и высшего образования РФ № 13.1902.21.0018 (соглашение 075-15-2020-802).

Публикация:

Чантурия В.А. Научное обоснование и разработка инновационных процессов извлечения циркония и РЗЭ при глубокой и комплексной переработке эвдиалитового концентрата // Записки Горного института. 2022. Т. 256. Scopus Q1. С. 505-516. DOI: 10.31897/PMI.2022.31

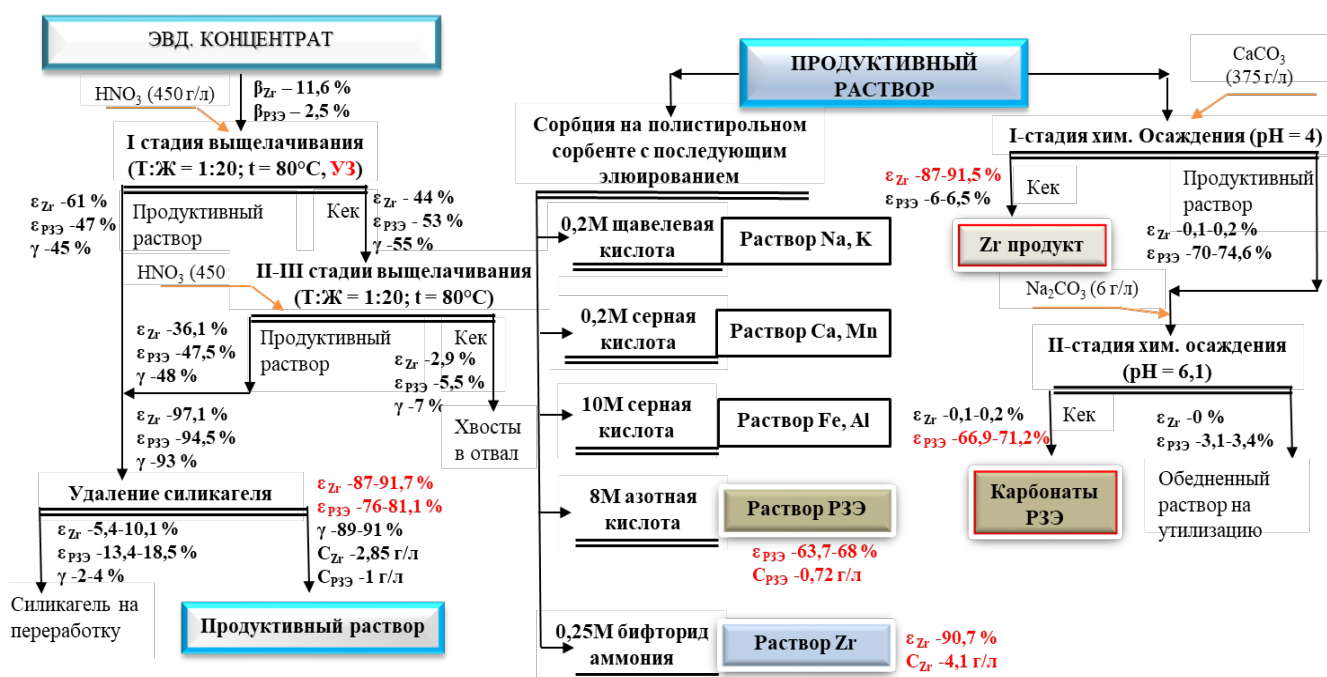


Рис. 166. Схема глубокой переработки эвдиалитового концентрата

#### 5. Новая модель геотермального теплового потока для Арктики

В результате изучения термической структуры арктической литосферы по комплексу геофизических данных получена модель геотермального теплового потока. Для построения новой модели был использован каталог Международной комиссии по тепловому потоку (IHFC), представленный на Рис. 167, и его глобальные теоретические модели [Davies, 2013; Lucazeau, 2019], которые основаны на интерполяции прямых измерений (Рис. 167, А, Б). Расчет теплового потока основан на оптимизационной задаче инверсии сейсмических и магнитных данных, подкрепленных прямыми измерениями, и позволяет использовать все имеющиеся косвенные данные о термическом строении литосферы и минимизировать ошибки [Petrunin et al., 2022]. Новая модель (Рис. 167В) хорошо согласуется с данными наблюдений и соответствует представлениям о тектонической истории арктической литосферы. Модель показывает некоторые особенности, которые не были идентифицированы предшествующими моделями — в частности, зоны повышенного теплового потока в Беринговом проливе, Чукотском море и в древней рифтовой зоне,

разделяющей Восточную и Среднюю Сибирь. (ГЦ РАН); авторы: академик РАН Гвишиани А.Д., д.ф.-м.н. Кабан М.К., член-корреспондент РАН Соловьев А.А., к.ф.-м.н. Петрунин А.Г., к.ф.-м.н. Сидоров Р.В.; проект РНФ «Системный анализ динамики геофизических процессов в российской Арктике и их воздействие на развитие и функционирование инфраструктуры железнодорожного транспорта» (№ 21-77-30010) руководитель д.ф.-м.н., Пилипенко В.А., ИФЗ РАН / ГЦ РАН)

*Публикация:*

Petrunin A.G., Soloviev A.A., Sidorov R.V., Gvishiani A.D. Inverse-forward method for heat flow estimation: case study for the Arctic region // Russian Journal of Earth Sciences. 2022. Vol. 22, No. 6. DOI: 10.2205/2022ES000809

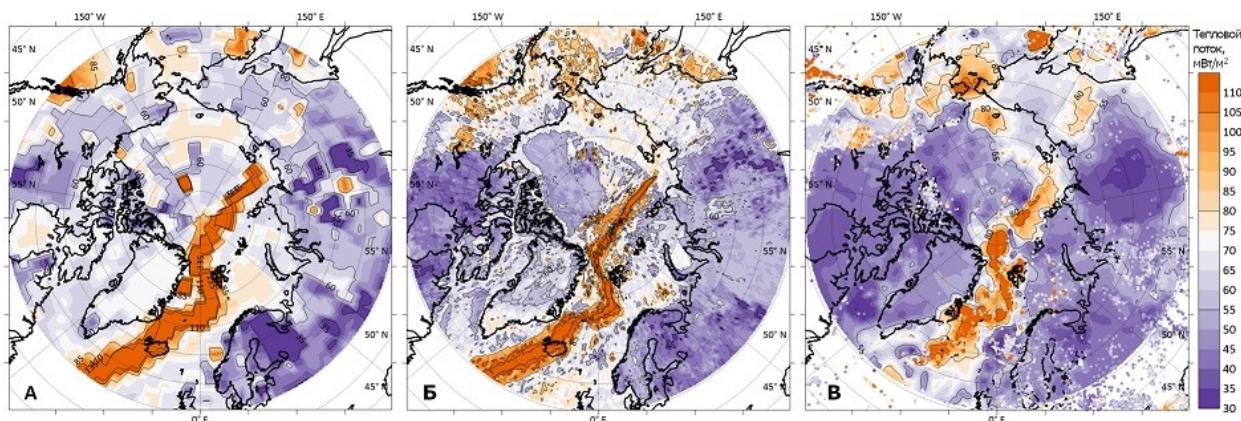


Рис. 167. Сравнение карт теплового потока Арктики по последним глобальным моделям Davies, 2013 (А) и Lucazeau, 2019 (Б) с картой новой модели теплового потока (В) [Petrunin et al., 2022].

Цветные точки показывают местоположение и значения прямых измерений теплового потока

#### **6. Эпитермальные Au-Ag-Se-Te месторождения Чукотки (Арктическая зона России): металлогения, минеральные парагенезисы, флюидный режим**

Эпитермальные Au-Ag-Se-Te месторождения Чукотки обогащены селеном и теллуrom, что позволяет рассматривать их как источники высокотехнологичного сырья. Они классифицированы как руды промежуточно-сульфидизированного типа, образовавшиеся из слабо концентрированных флюидов смешанного магматогенно-метеорного происхождения при 120-390°C. Обоснована их генетическая связь с геологическими событиями, в результате которых возникли меловой окраинно-континентальный Охотско-Чукотский (ОЧВП), позднеюрско-раннемеловой, островодужный Олойский (ОВП) вулканические пояса и постколизонные раннемеловые вулканические впадины. Выявлены геолого-геохимические различия месторождений различных металлогенических зон: Максимальные величины температур и соленостей характерны для флюидов из Центрально-Чукотского сектора ОЧВП и Баимской зоны ОВП, а минимальные — для флюидов Восточно-Чукотской фланговой зоны и внутренней зоны ОЧВП. Соленость минералообразующих флюидов внутренней зоны ОЧВП в среднем вдвое меньше, чем флюидов Восточно-Чукотской фланговой зоны ОЧВП. Зональность указывает на возможность прогнозирования во внутренней зоне ОЧВП Au-Ag эпитермально-порфировых месторождений, что значительно улучшит минерально-сырьевую базу Чукотки (Рис. 168, Рис. 169, Рис. 170). (ИГЕМ РАН. Проект Министерства науки и высшего образования РФ № 13.1902.21.0018 (соглашение 075-15-2020-802). Руководитель академик РАН Бортников Н.С.)

*Публикация:*

Бортников Н.С., Волков А.В., Савва Н.Е., Прокофьев В.Ю., Колова Е.Е., Долманова-Тополь А.А., Галямов А.Л., Мурашов К.Ю. Эпитермальные Au-Ag-Se-Te месторождения Чукотки (арктическая зона России): металлогения, минеральные парагенезисы, флюидный режим // Геология и геофизика. 2022. Т. 63. № 4. С. 541–568. DOI: 10.15372/gig2021169.(Q2).

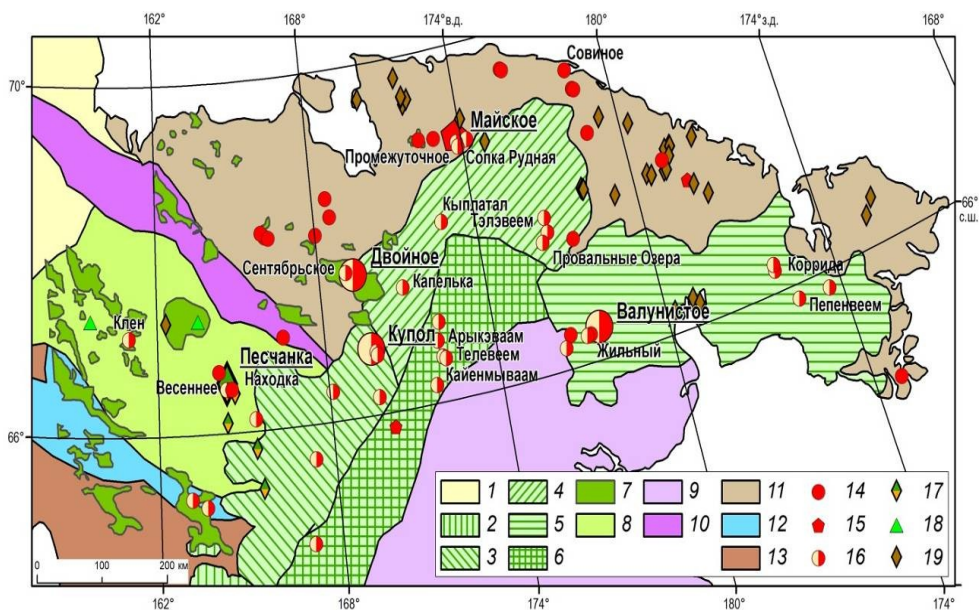


Рис. 168. Вулканические пояса и Au-Ag-Se-Te эпитермальные месторождения Чукотки. Карта составлена с использованием материалов [Белый, 1994; Соколов и др., 1999; Тихомиров и др., 2017].

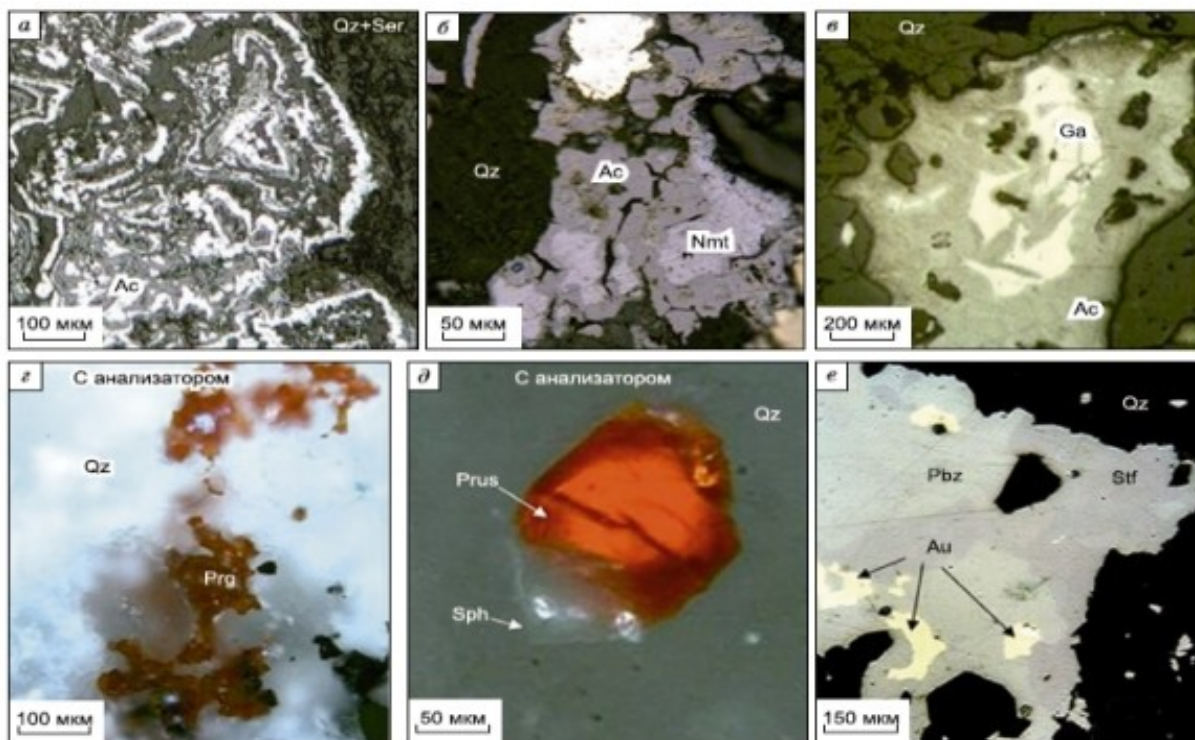


Рис. 169. Срастания минералов золота, серебра и теллура в рудах эпитермальных месторождения Чукотки

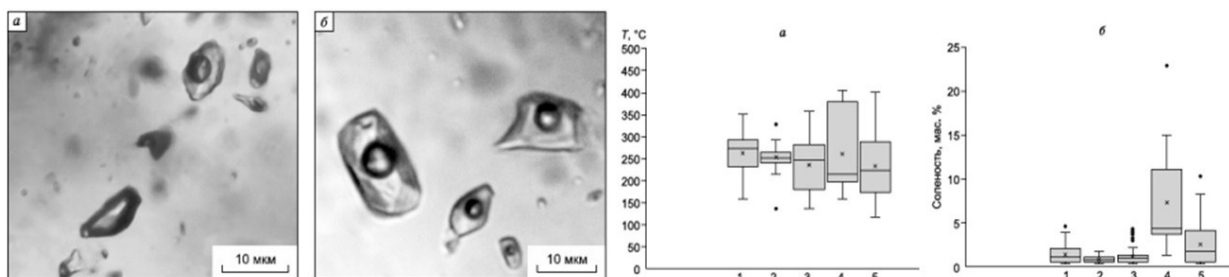


Рис. 170. Флюидные включения, интервалы температур отложения минералов и солёности минералообразующих флюидов.

**7. Разработка замкнутого процесса получения глинозема металлургического качества из низкосортных глиноземсодержащих отходов и концентратов их переработки с использованием бисульфата аммония в качестве выщелачивающего агента, рекуперированного в технологическом цикле.**

Уменьшение доступности высококачественных бокситов, в особенности, для России, делает неизбежной переработку высококремнистого сырья из отходов и другого доступного сырья, в связи с чем необходимо разрабатывать кислотно-солевые способы, пригодные для этих источников. Целью работы было создание нового варианта гидросульфатного метода переработки глиноземсодержащего сырья на примерах нефелинового концентрата и летучих угольных зол и изучение закономерностей различных его стадий с целью исследования возможностей дальнейшего усовершенствования. Экспериментально и теоретически изучено распределение различных макро- и мезокомпонентов выщелачивания между фазами на стадии выделения алюмоаммонийных квасцов в зависимости от концентрации сульфата. Найдены условия, при которых возможно максимальное отделение алюминия от примесей железа без использования вспомогательных реагентов (Рис. 171).

Разработаны новые физико-химические процессы для количественного выделения полупродуктов и конечного продукта-глинозема высокого качества, соответствующего требованиям российских и зарубежных производителей. Показано, что выделение смешанных гидроксикарбонатов аммония и алюминия (ГКАА) как прекурсоров высокочистого глинозема, является наиболее перспективным направлением в гидросульфатной технологии. В сочетании с процессом перекристаллизации в присутствии предложенных реагентов получение ГКАА позволяет отказаться от дорогостоящих методов селективной сорбции или экстракции для глубокой очистки водных растворов квасцов, как промежуточных соединений разработанного процесса. (ГЕОХИ РАН; авторы: Хамизов Р.Х., Валеев Д.В Зайцев В.А.)

*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))

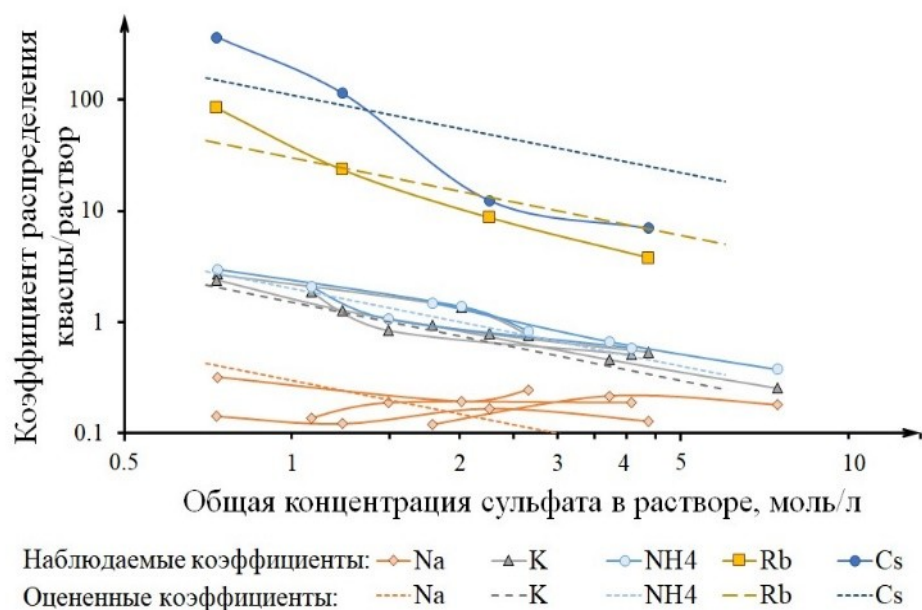


Рис. 171. Распределение ионов щелочных металлов и аммония между твердыми квасцами и жидкими фазами в зависимости от суммарной концентрации сульфатов. Линии - теоретические зависимости

8. В 2022 году научными коллективами КНЦ РАН и Минералогического Музея РАН в кооперации с российскими и зарубежными исследователями было открыто **26 новых минералов (Рис. 172)**, которые представляют широкий спектр условий образования от глубинных магматических камер до приповерхностных пустот на местах угольных пожаров. Имея фундаментальные знания о свойствах минералов, сотрудники КНЦ РАН впервые исследовали возможность применения термоактивированных серпентиновых материалов (хризотила и лизардита), которые являются отходами горнодобывающей промышленности, для восстановления почв, загрязненных токсичными металлами. В десятилетнем полевом эксперименте в зоне действующего предприятия цветной металлургии в Субарктическом регионе РФ показана эффективность материалов для снижения суммы подвижных фракций и увеличения доли прочносвязанной фракции потенциально токсичных металлов, а также мелиоративный эффект от обогащения почвы кальцием и магнием (Рис. 173). (КНЦ РАН, Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН)

Публикации 2022 г.:

Murashko, M.N., Britvin, S.N., Vapnik, Y., Polekhovsky, Y.S., Shilovskikh, V.V., Zaitsev, A.N., Vereshchagin, O.S. Nickolayite, FeMoP, a new natural molybdenum phosphide. *Mineralogical Magazine*, 2022 86 P. 749 – 757. DOI: <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.52>

Britvin, S.N., Murashko, M.N., Vapnik, Y., Zaitsev, A.N., Shilovskikh, V.V., Vasiliev, E.A., Krzhizhanovskaya, M.G. and Vlasenko, N.S. Orishchinite, a new terrestrial phosphide, the Ni-dominant analogue of allabogdanite. *Miner Petrol* 2022, 116, 369–378. <https://doi.org/10.1007/s00710-022-00787-x>

Karpenko, V.Yu., Pautov, L.A., Siidra, O.I., Mirakov, M.A., Zaitsev, A.N., Plechov, P.Yu., Makhmadsharif, S. (2022) Ermakovite  $(\text{NH}_4)(\text{As}_2\text{O}_3)_2\text{Br}$ , a new exhalative arsenite bromide mineral from the Fan-Yagnob coal deposit, Tajikistan. *Mineralogical Magazine*: 86, accepted . DOI: <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.116>

Kasatkin A.V., Britvin S.N., Krzhizhanovskaya M.G., Chukanov N.V., Škoda R., Göttlicher J., Belakovskiy D.I., Pekov I.V., Levitskiy V.V. Kaznakhtite,  $\text{Ni}_6\text{Co}(\text{CO}_3)(\text{OH})_{16}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , a new natural layered double hydroxide, the member of the hydrotalcite supergroup *Mineralogical Magazine*, 2022, V. 86, P. 841 – 848. DOI: <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.65>

Krivovichev, S.V.; Panikorovskii, T.L.; Yakovenchuk, V.N. The Crystal Structure of Sergeysmirnovite,  $\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , and Complexity of the Hopeite Group and Related Structures. *Crystals* 2022, 12, 1120. <https://doi.org/10.3390/cryst12081120>

Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А., Коноплёва Н.Г., Паникоровский Т.Л., Базай А.В., Михайлова Ю.А., Бочаров В.Н., Кривовичев С.В. Сергейсмирновит  $\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – новый минерал из месторождения Кестёр (Саха-Якутия, Россия). Доклады РАН. Науки о земле, 2022, том 505, № 2, с. 165–169

Yakovenchuk, V.N., Panikorovskii, T.L., Konoplyova, N.G., Pakhomovsky, Y.A., Savchenko, E.E., Mikhailova, J.A., Bocharov, V.N., Spiridonova, D.V. and Krivovichev, S.V. (2022) Ikorskyite, IMA 2022-035. *CNMNC Newsletter* 70, *Eur. J. Mineral.*, 34,

Mikhailova J. A., Selivanova E. A., Krivovichev S.V., Pakhomovsky Ya. A., Chukanov N.V., Yakovenchuk V.N. Zolotarevite,  $\text{Na}_5\text{Zr}[\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_3]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , a new  $\text{H}_2\text{O}$ -dominant member of the lovozerite group from the Lovozero peralkaline massif (Kola Peninsula, Russia) // *Mineralogical Magazine* 2022 V 86, P. 263 - 271. DOI: <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.13>

Pekov I.V., Britvin S.N., Krzhizhanovskaya M.G., Agakhanov A.A., Koshlyakova N.N., Belakovskiy D.I., Vigasina M.F., Yapaskurt V.O., Turchkova A.G., Nazarova M.A. // Pilipenkoite, IMA 2022-017, in: *CNMNC Newsletter* 68, *Eur. J. Mineral.*: 2022. 34, <https://doi.org/10.5194/ejm-34-385-2022>, 2022.

Kasatkin A.V., Siidra O.I., Nestola F., Pekov I.V., Agakhanov A.A., Nazarchuk E.V., Koshlyakova N.N., Chukanov N.V., and Rossi M. // Napoliite, IMA 2022-073, in: *CNMNC Newsletter* 70, *Eur. J. Mineral.*, 2022. 34, <https://doi.org/10.5194/ejm-34-591-2022>, 2022.

Pautov L.A., Mirakov M.A., Siidra O.I., Chukanov N.V., Borisov A.S., Karpenko V.Y., Plechov P.Y., and Makhmadsharif S. // Novikovite, IMA 2022-067, in: *CNMNC Newsletter* 70, *Eur. J. Mineral.*, 34, 2022.



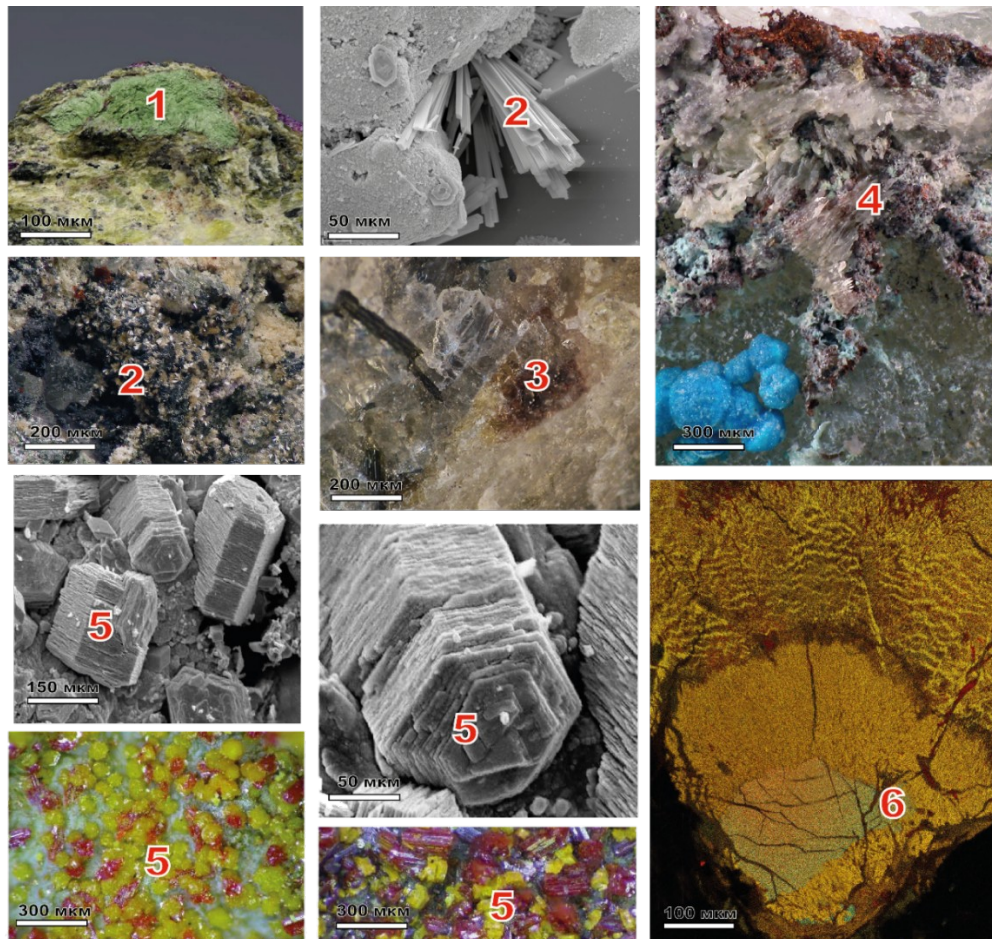


Рис. 172. Новые минералы, открытые в 2022 году: 1 – казнахтит, 2 – икорскиит, 3 – золотаревит, 4 – сергейсмирновит, 5 – ермаковит, 6 – оришчинит.

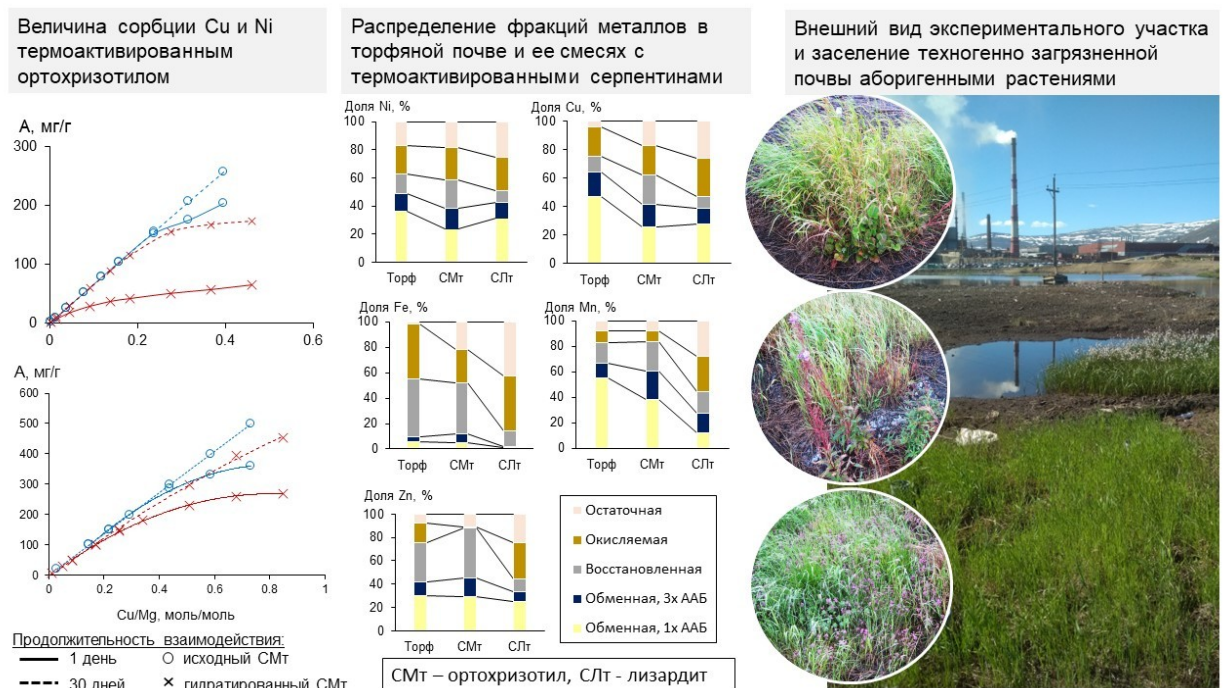


Рис. 173. Величина сорбции Cu и Ni термоактивированным хризотилом (1), Распределение фракций металлов в торфяной почве и её смесях с термоактивированным серпентином (2), фотография участка с уже восстановленным ландшафтом (3).

## Секция океанологии, физики атмосферы и географии

1. ЮНЦ РАН 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. Выявлены признаки субаэральных условий осадконакопления на шельфе. На основании серии кернов мощностью до 25 м с косы Долгой и радиоуглеродных датировок показано, что ее формирование началось около 2 500 л.н. и карбонатный материал отражает историю развития бентосной фауны моря (Рис. 174). Выявлены внутривековые изменения климата: холодный (многоводный; 1884-1942 гг.), переходный (1942-1985 гг.) и теплый (маловодный; 1986-2020 гг.) периоды. Новым техногенным индикатором скорости осадконакопления могут быть угольные шлаки, оставшиеся от эпохи парового судоходства, которые маркируют горизонт 1860-1960 гг. (ЮНЦ РАН, академик РАН Матишов Г.Г., к.б.н. Титов В.В., к.б.н. Польшин В.В., ГЗ ЮНЦ РАН № гос.рег. 122011900166-9).

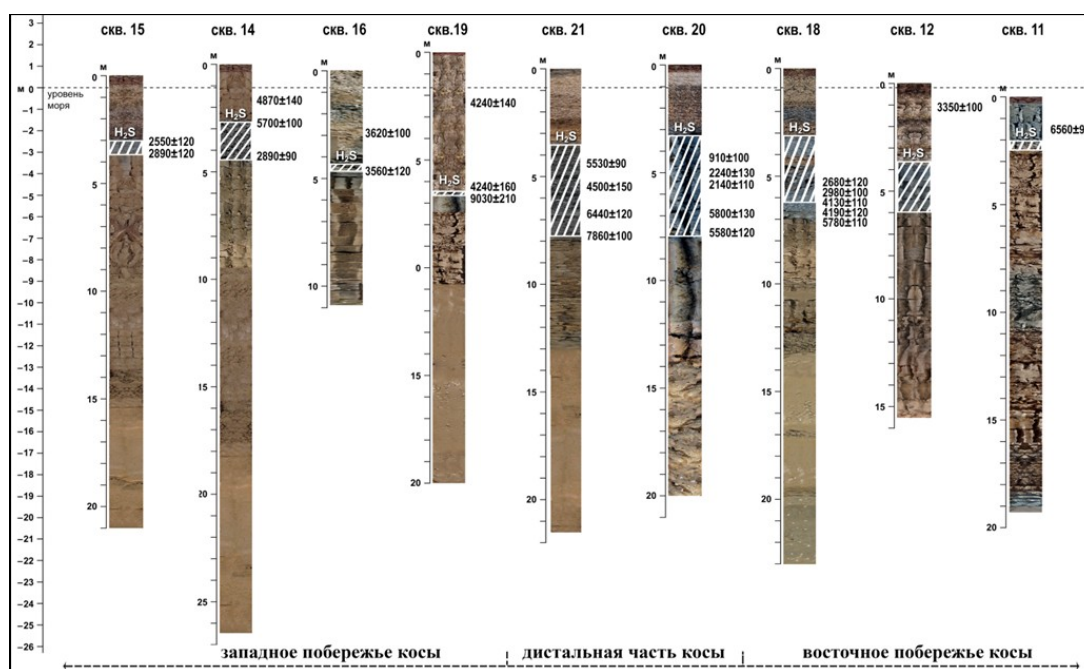


Рис. 174. Возраст отложений с включениями органики и прослоями гидротроилита в разрезах скважин, пробуренных на косе Долгой (Краснодарский край)

Публикации:

Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В. Признаки субаэральных условий осадконакопления в голоценовых отложениях Азовского моря // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022. Т. 506 (1). С:92-97. DOI: 10.31857/S2686739722600989. [ПЕРЕВОД: Matishov, G.G., Polshin, V.V., Titov, V.V. Features of Subaerial Sedimentation in Holocene Sediments of the Sea of Azov // Doklady Earth Sciences. 2022. 506(1), С. 677-682].

Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Кириллова Е.Э. Внутривековая природная изменчивость в Приазовье и на Нижнем Дону: новые техногенные индикаторы // Наука Юга России. 2022. Т. 18(2). С:41-46.

## 2. Оценка современного глобального водопотребления и его динамики с начала XX в.

Впервые рассчитаны современное мировое полное водопотребление (водозабор), составившее около 4500 км<sup>3</sup>/год, и безвозвратное водопотребление – 2450 км<sup>3</sup>/год (таблица). Из них на долю России приходится менее 2%. Выявлена динамика мирового водопотребления до 2021 г. По сравнению с 2000 г. полное мировое водопотребление возрастало в среднем на 24.0 км<sup>3</sup>/год, а безвозвратное на 12.6 км<sup>3</sup>/год (Рис. 175), при том, что в России водопотребление снижалось. Безвозвратный расход воды привел к уменьшению мирового речного стока примерно на 6%, в России – менее чем на 1%. Более 60% полного и свыше 80% безвозвратного водопотребления приходится на сельское хозяйство, доля коммунального хозяйства составляет, соответственно, несколько более 11 и около 3%, промышленности – около 20 и несколько более 5%, а дополнительного испарения с акватории водохранилищ – 5 и около 10%. Объем сточных и возвратных вод превысил в мире 2000 км<sup>3</sup>/год. Их разбавление ресурсами речного стока (без безвозвратных изъятий) составляет около 20 раз, что явно недостаточно для сохранения высокого качества природных вод. В России кратность разбавления сточных вод около 200 раз. Выполненные расчеты дают представление о современной водохозяйственной карте мира и тенденциях в использовании водных ресурсов, одного из важнейших видов природных, а также о том, что Россия остается одним из главных источников мировых пресных вод. (ИГ РАН; руководитель – член-корреспондент РАН А.А. Тишков, авторы: д-р геогр. наук Н.И. Коронкевич, канд. геогр. наук Е.А. Барабанова, канд. геогр. наук И.С. Зайцева.)

Таблица. Водопотребление и объем сточных и возвратных вод на уровне 2021 г.

Регионы	Водопотребление				Объем сточных и возвратных вод	
	полное		безвозвратное		км <sup>3</sup>	%
	км <sup>3</sup>	%	км <sup>3</sup>	%		
Европа	466	10.4	228	9.3	238	11.7
Азия	2796	62.2	1648	67.4	1148	56.2
Африка	304	6.8	197	8.1	107	5.2
Северная Америка	665	14.8	246	10.0	419	20.5
Южная Америка	224	5.0	108	4.4	116	5.7
Австралия и Океания	34	0.8	20	0.8	14	0.7
Мир	4489	100	2448	100	2042	100

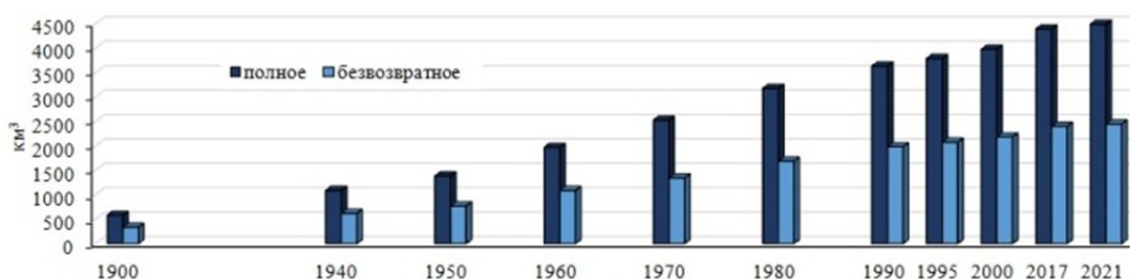


Рис. 175. Динамика мирового водопотребления с начала XX в.

Публикация:

Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. Оценка современного водопотребления в мире и на континентах, его влияние на годовой речной сток // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92. № 3. С. 256–264. DOI: 10.31857/S0869587322030057.

### 3. Исследованы последствия извержения вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай

Катастрофическое извержение вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай планетарного масштаба в январе 2022 года затронуло как внешние, так и внутренние геосферы Земли.

Сгенерированные в атмосфере акустико-гравитационные волны Лэмба вызвали в земной коре возмущения аналогичных периодов, зарегистрированные лазерными деформографами на морской экспериментальной станции «м. Шульца» на побережье Японского моря (Рис. 176). Помимо этого, атмосферный импульс и волны Лэмба при распространении над акваториями Тихого океана и Японского моря возбудили в них метеоцунами на периодах, соответствующих сейшам (собственным колебаниям) мест расположения станций регистрации (**ТОИ ДВО РАН**).

Предложена новая модель распространения сигнала атмосферного давления от извержения вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай, объясняющая закономерности в изменении формы наблюдаемого сигнала с удалением от источника. Модель основана на решении уравнения Кортевега де-Вриза, описывающего изменение формы волны Лэмба в зависимости от расстояния, а результаты расчётов заверены данными натурных наблюдений на инфразвуковых станциях. Полученные оценки энергии извержения вулкана Е по данным на расстоянии 2858 км имеют значения, существенно превышающие энергию в 58 МТ ТНТ, а также оценку энергии извержения вулкана в 18 МТ ТНТ, данную в зарубежных работах. Методы оценки энергии мощных взрывов могут применяться в Международной сети инфразвукового мониторинга Договора о Всеобъемлющем Запрещении Ядерных испытаний (**ИФА РАН**).

Впервые в одном измерительном пункте с использованием уникальной научной установки «Среднеширотный комплекс геофизических наблюдений «Михнево»» удалось зарегистрировать геофизические эффекты, вызванные извержением вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай на расстоянии ~15000 км. Мультидисциплинарный анализ синхронных измерений различных геофизических параметров позволил проанализировать воздействие молниевой активности вулкана на амплитуду Шумановского резонанса, сейсмические и микробарические возмущения, вариации геомагнитного поля, возмущения концентрации микрочастиц и электрического поля в приземном слое атмосферы, гидрогеологический отклик водоносных горизонтов, что позволяет провести исследования механизмов взаимодействия геофизических возмущений в системе литосфера-атмосфера-ионосфера, способствуя развитию физических и прогностических моделей атмосферы и ионосферы Земли (**ИДГ РАН**).

*Публикации:*

Dolgikh G., Dolgikh S., Ovcharenko V. // Journal of Marine Science and Engineering. 2022. V. 10, Is. 8. Art. no. 1061. DOI: 10.3390/jmse10081061.

Kulichkov S.N., Chunchuzov I.P., Popov O.E. et al. Acoustic-Gravity Lamb Waves from the Eruption of the Hunga-Tonga-Hunga-Hapai Volcano, Its Energy Release and Impact on Aerosol Concentrations and Tsunami // Pure Appl. Geophys. 2022. V. 179, P.1533–1548.

Adushkin V.V., Rybnov Yu.S., Spivak A.A. Wave-related, electrical, and magnetic effects due to the January 15, 2022 catastrophic eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha'aapai volcano // Journal of Volcanology and Seismology. 2022. Vol. 16. No. . P. 251-263. <https://doi.org/10.1134/S0742046322040029>

Gavrilov, B. G., Poklad, Y. V., Ryakhovsky, I. A., Ermak, V. M., Achkasov, N. S., & Kozakova, E. N. (2022). Global electromagnetic disturbances caused by the eruption of the Tonga volcano on 15 January 2022.// Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 127, e2022JD037411. <https://doi.org/10.1029/2022JD037411>

Э.М. Горбунова, И.А. Ряховский, Б.Г. Гаврилов, Ю.В. Поклад, С.М. Петухова, А.Н. Беседина. Вариации геофизических полей при извержении вулкана Тонга по данным уникальной научной установки «Михнево» // Геофизические процессы и биосфера. 2022. Т. 21, № 4.

Poklad, Y. V., Ryakhovsky, I. A., Gavrilov, B. G., Ermak, V. M., Kozakova, E. N., & Achkasov, N. S. (2022). Investigation of the reaction of Schumann resonances to short transient geophysical events under the influence of atmospheric electromagnetic noise. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2022JD036820. <https://doi.org/10.1029/2022JD036820>

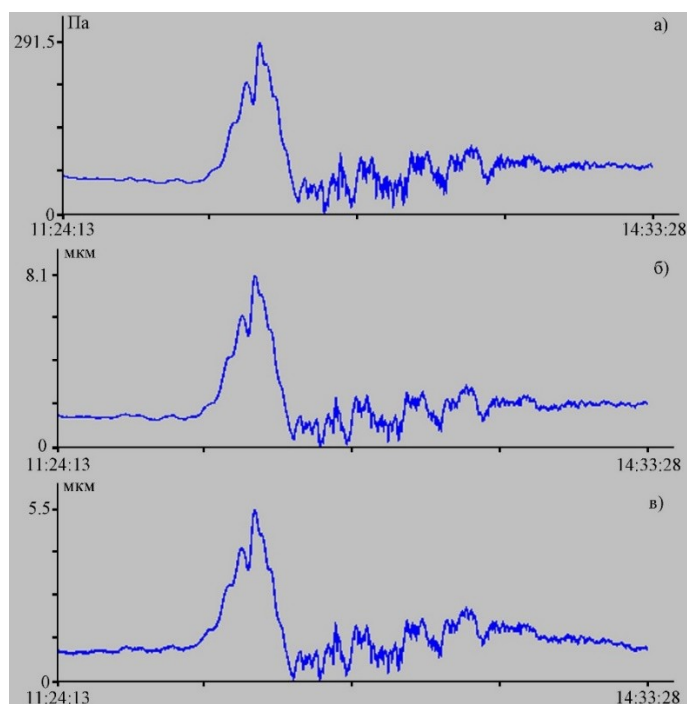


Рис. 176. Записи лазерного нанобарографа (а), лазерного деформографа ориентацией север-юг (б) и лазерного деформографа ориентацией запад-восток (в) за 15 января 2022 г.

#### 4. Пространственное распределение характеристик аэрозоля над океаном между Африкой и Антарктидой

В результате многолетних (2004–2021 гг.) исследований в 20 антарктических экспедициях впервые выявлены закономерности среднего пространственного распределения аэрозольной оптической толщи (АОТ), концентраций аэрозоля и поглощающего вещества (черного углерода) над океаном между Африкой и Антарктидой. Общей закономерностью является широтный спад всех характеристик в сочетании со шлейфом выноса антропогенного и пылевого аэрозоля с территории Африки (Рис. 177а, б, в). На фоне общего широтного спада в средних широтах проявляются особенности (Рис. 177г): у АОТ – максимум на 42°ю.ш.; у концентраций аэрозоля и черного углерода – сначала уменьшение значений, затем размытый максимум или плато и основной спад до Антарктиды. Пространственное распределение определяется: в средних широтах – циклоническими выносами аэрозоля с континента; над Южным океаном – действием антарктического антициклона, препятствующим переносу воздуха к Антарктиде; широтным изменением скорости ветра и ледовитости океана, влияющими на генерацию морского аэрозоля. Определены градиенты широтного изменения и статистика характеристик аэрозоля для трех широтных зон, проведено сравнение с модельными данными реанализа MERRA-2 и оценены межгодовые колебания характеристик. (ИОА СО РАН<sup>1</sup>, ААНИИ<sup>2</sup>; авторы: С.М. Сакерин<sup>1</sup>, Д.М. Кабанов<sup>1</sup>, В.В. Полькин<sup>1</sup>, В.Ф. Радионов<sup>2</sup>)

*Публикации:*

Sakerin S.M., Golobokova L.P., Kabanov D.M., Khuriganova O.I., Pol'kin V.V., Radionov V.F.,

Sidorova O.R., Turchinovich Yu.S. Spatial distribution of aerosol characteristics over the South Atlantic and Southern Ocean, using multiyear (2004–2021) measurements in Russian Antarctic expeditions // *Atmosphere*. 2022. V.13. 427. DOI: [10.3390/atmos13030427](https://doi.org/10.3390/atmos13030427). IF Scopus: 3.11 (Q2).

Sakerin S.M., Golobokova L.P., Kabanov D.M., Pol'kin V.V., and Radionov V.F. Zonal Distribution of Aerosol Physicochemical Characteristics in the Eastern Atlantic // *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2018. V.31. №5. P.492–501. DOI: 10.1134/S1024856018050160. IF Scopus: 1.515 (Q2).

Sakerin S.M., Kabanov D.M., Polkin V.V., Radionov V.F., Holben B.N., and Smirnov A. Variations in Aerosol Optical and Microphysical Characteristics along the Route of Russian Antarctic Expeditions in the East Atlantic // *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2017. V.30. №1. P.89–102. DOI: 10.1134/S1024856017010122. IF Scopus: 1.515 (Q2).

Kabanov D.M. [Results of comparison of characteristics of atmospheric aerosol over the Southern Ocean according to the data of expeditionary measurements and MERRA-2 reanalysis](#) // *Proc. SPIE*. 2022. V.12341. 28th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 12341 2H. [12341–71]. DOI: 10.1117/12.2644413. IF Scopus: 0.38.

Sakerin S.M., Kabanov D.M., Pol'kin V.V. Estimates of the interannual variations of aerosol characteristics over the East Atlantic and the Southern Ocean // *Proc. SPIE*. 2019. V.11208. Part 2. 112083C [11208–78]. DOI: 10.1117/12.2539895. IF Scopus: 0.38.

Kabanov D.M., Pol'kin Vas.V., Pol'kin Vik.V., Sakerin S.M., Turchinovich Yu.S., Radionov V.F., Zenkova P.N. Influence of continents on spatial distribution of aerosol characteristics in the southern part of the World Ocean // *Proc. SPIE 10833. 24th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*. 1083335 (13 December 2018). DOI: 10.1117/12.2501847. IF Scopus: 0.38.

Sakerin S.M., Kabanov D.M., Polkin V.V., Radionov V.F., Turchinovich Yu.S. Average aerosol characteristics in three sectors of the Southern Ocean and the effect of Antarctic islands // *Proc. SPIE 10833. 24th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*. 108333B (13 December 2018). DOI: 10.1117/12.2502032. IF Scopus: 0.38.

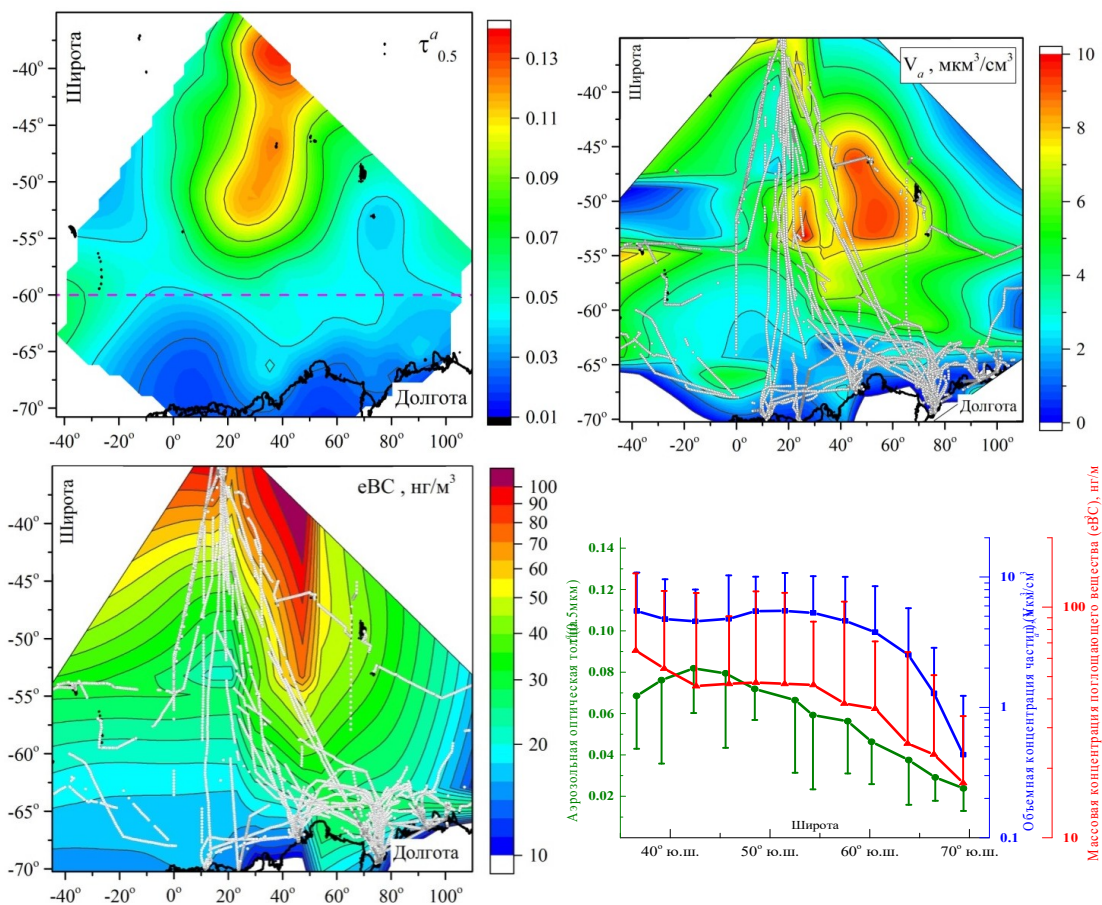


Рис. 177. Среднее пространственное распределение (а, б, в) и широтный ход (г) АОТ ( $\tau^a$ ), объемов частиц аэрозоля ( $V_a$ ) и концентраций черного углерода (eBC) над океаном между Африкой и Антарктидой (34°–70°ю.ш.; 45°з.д.–110°в.д.)

##### 5. Влияет ли потепление Арктики и сокращение площади ледового покрытия на биологическую продукцию в арктических экосистемах?

Учеными ИО РАН проанализировано влияние регионального потепления на первичную продукцию в Карском море за последние два десятилетия (2002–2021 гг.). Использованы данные натурных наблюдений, данные сканера цвета океана и модельные расчеты. **Впервые показано, что интенсивное потепление арктического региона и снижение ледовитости привело не к возрастанию, как ожидалось, а к снижению первичной продукции.** За 20 лет температура поверхностного слоя моря возросла на 3.55°C при тренде 10% в год, а площадь акватории, свободной ото льда в летний сезон, увеличилась на  $110 \times 10^3 \text{ km}^2$  при тренде 1.4% в год (Рис. 178, Рис. 179). Увеличение площади открытой воды привело к увеличению интегральной для бассейна годовой первичной продукции на 0.7% в год. Однако, величина относительной или «точной» первичной продукции в столбе воды значительно уменьшалась во всех районах бассейна Карского моря. За два последних десятилетия это уменьшение составило 38  $\text{mgC}/\text{M}^2$  в день при тренде 1.1% в год (Рис. 180). Также во всех районах зарегистрированы достоверные отрицательные тренды содержания хлорофилла “а” на поверхности моря. Оказалось, что увеличение площади открытой воды привело к увеличению облачности и снижению оптической проницаемости атмосферы. В результате уменьшилось количество необходимой для фотосинтеза солнечной энергии («фотосинтетически активной радиации»), достигающей поверхности моря (Рис. 179). Итог работы имеет первостепенное значение для оценки и

прогноза биологической продуктивности в российских арктических морях.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, научный руководитель академик РАН Флинт М.В.).

Публикация:

А. Б. Демидов, В. И. Гагарин, С. В. Шеберстов. Влияние регионального потепления на первичную продукцию Карского моря в последние две декады (2002-2021 гг.) // Океанология. 2023. Т. 63. № 2. С. 1-32 (в печати).

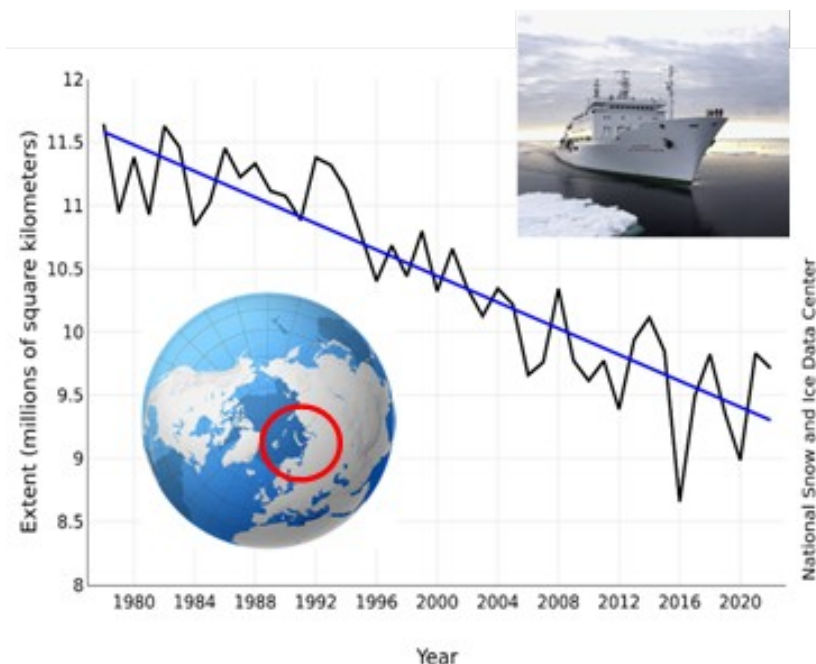


Рис. 178. Изменение площади ледового покрытия в Арктике с 1990 по 2022 гг.

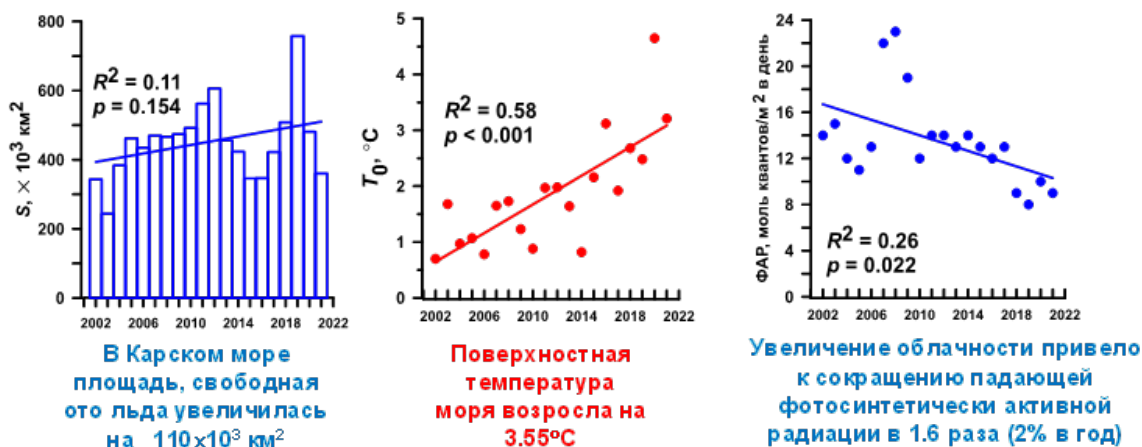


Рис. 179. Климатические изменение условий среды в Карском море



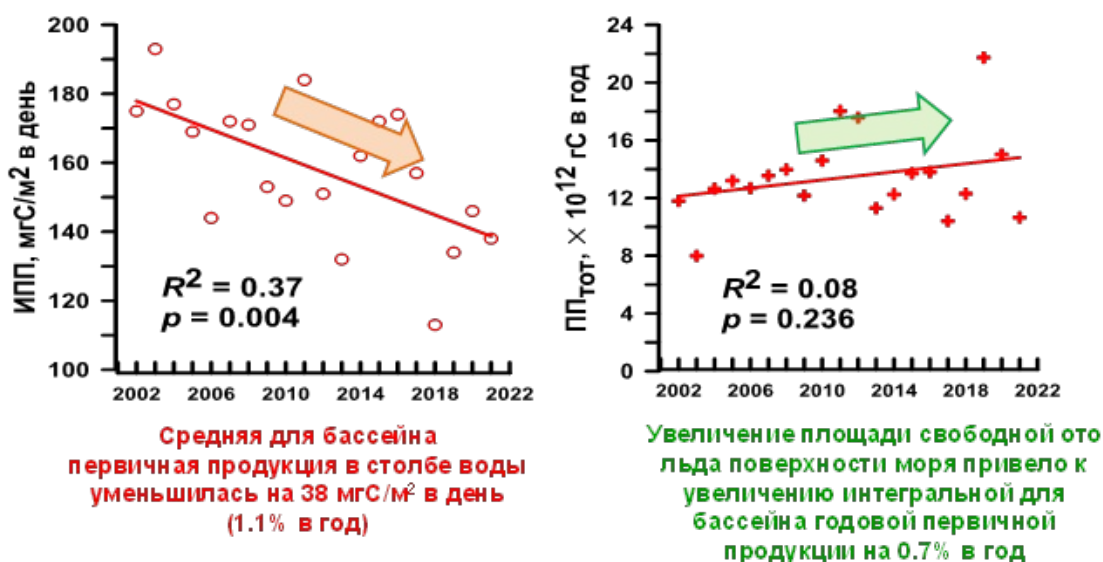


Рис. 180. Тенденции изменения первичной продукции в Карском море с 2002 по 2021 гг.

6. В монографии «Климат Арктики: процессы и изменения» (под ред. академиков РАН И.И. Мохова, В.А. Семенова) обобщены результаты теоретических исследований процессов изменения климата в высоких широтах Северного полушария и их последствий на основе анализа инструментальных данных и результатов математических моделей.

Выявлены современные тенденции изменения и характерные пространственно-временные особенности изменчивости различных составляющих климатической системы Арктики: атмосферы, морских льдов, океана и суши. Исследованы характерные процессы в арктической климатической системе, важные для формирования долгопериодных аномалий климата в Арктике, выявлены новые положительные обратные связи, приводящие к усилению колебаний климата в Арктике, а также механизмы влияния изменений климата в Арктике на циркуляцию атмосферы в средних широтах Северного полушария, в том числе формирование аномально холодных погодных режимов зимой в начале XXI века как отклик на сокращение морских льдов. Получены оценки возможных будущих изменений климата в Арктике по результатам численных расчетов с моделями климата при сценариях антропогенного воздействия, а также влияния этих изменений на продолжительность морской навигации вдоль Северного морского пути, морское волнение, характеристики многолетнемерзлых грунтов и распад придонных метангидратов.

Впервые получены количественные оценки изменений ветроэнергетических ресурсов в Арктике с использованием региональной климатической модели (РКМ). Использовалась модель RCA4 при сценариях изменения климата RCP4.5 и RCP8.5 для 2006-2099 гг. (Рис. 181). Оценивалась мощность ветроэнергетического потенциала (МВП), пропорциональная кубу скорости ветра. Выявлено заметное увеличение мощности ветроэнергетического потенциала (МВП) для 21 века над Баренцево-Карским и Чукотским морями зимой при использовавшихся сценариях антропогенных воздействий. Летом проявляется общее увеличение МВП над Северным Ледовитым океаном. При этом изменения более значимо при сценарии RCP8.5 с сильными антропогенными воздействиями. Увеличение межсуточных вариаций МВП в целом не приводит к отклонениям скорости ветра до значений, при которых работа ветрогенераторов невозможна. Новые количественные оценки являются значимым научным результатом, существенным образом уточняющим последствия изменений климата для российских регионов (в частности, арктических). Результаты могут применяться при развитии арктического региона (в части энергетики) с учетом

климатических изменений и при адаптации арктического региона к последствиям этих изменений. (ИФА РАН)

Публикация:

Монография «Климат Арктики: процессы и изменения» (под ред. И.И. Мохова, В.А. Семенова. М.: Физматкнига. 2022. 360 с. ISBN 978-5-89155-286-9.

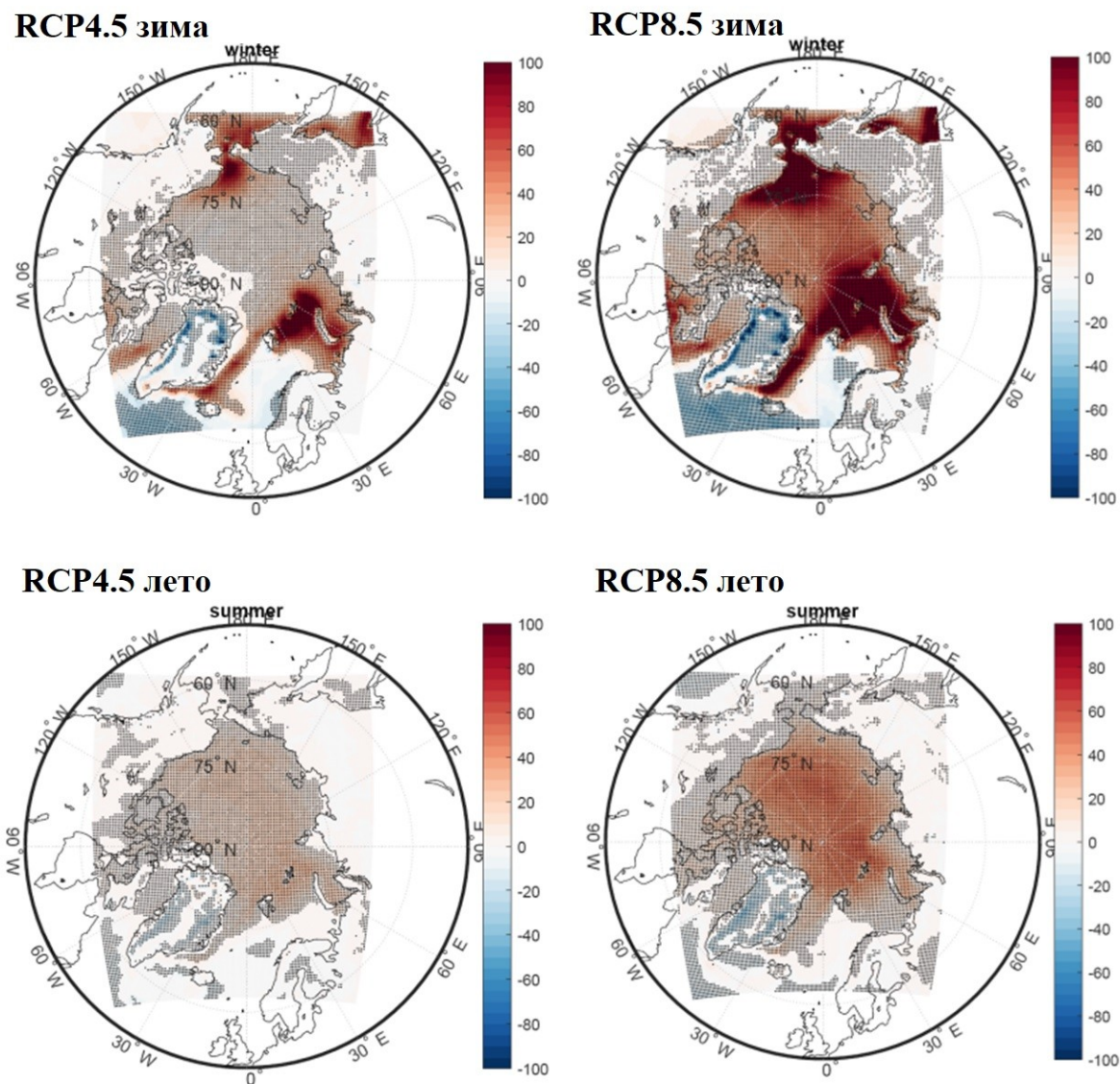


Рис. 181. Объясняемые линейным трендом изменения сезонных МВП (Вт/м<sup>2</sup> за 10 лет) в 2006-2100 гг. Точками отмечены статистически значимые изменения на уровне 95%.

**Научные результаты, полученные в 2022 г. научными организациями под научно-методическим руководством Отделения наук о Земле РАН, обладающие инновационным потенциалом**

1. Научно и экспериментально обоснованы энергетические и физико- химические методы интенсификации процессов и технологии комплексного извлечения и селективного разделения редких и редкоземельных элементов при глубокой переработке эвдиалитового концентрата (Рис. 166) Ловозерского месторождения, обеспечивающие снижение потерь ценных компонент с силикагелем на 29,0

% и повышение извлечения Zr на 8,5-%, РЗЭ – на 4,3 %.

Организация: **ИПКОН РАН.**

Авторы: академик В.А. Чантурия, к.т.н. В.Г. Миненко, к.т.н. Рязанцева М.В., к.т.н. Самусев А.Л., к.г-м.н. Копорулина Е.В. проект РФ Министерства науки и высшего образования РФ № 13.1902.21.0018 (соглашение 075-15-2020-802).

*Публикации:*

Чантурия В.А. Научное обоснование и разработка инновационных процессов извлечения циркония и РЗЭ при глубокой и комплексной переработке эвдиалитового концентрата // Записки Горного института. 2022. Т. 256. Scopus Q1. С. 505-516. DOI: 10.31897/PMI.2022.31.

V. A. Chanturiya, V. G. Minenko, A. L. Samusev, E. V. Koporulina, and G. A. Kozhevnikov. Physicochemical and Energy Impact on the Process of Leaching of a Eudalyte Concentrate // Doklady Earth Sciences, 2022, Vol. 505, Part 2, pp. 534–542. DOI: 10.1134/S1028334X22080062. Doklady Earth Sciences — Scopus Q3 <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=22561&tip=sid&clean=0>

V.A. Chanturiya, V.G. Minenko, I.Zh. Bunin, A.L. Samusev, M.V. Ryazantseva. The Effect of Energy Impacts on the Leaching Performance of Eudalyte Concentrate and Selective Separation of Zirconium and REE from Pregnant Solutions // Proceedings of the International Mineral Processing Congress and Exhibition (IMPC Asia-Pacific 2022), 22-24 August 2022, Melbourne, Australia + online. — Scopus, РИНЦ.

2. На основе установления закономерностей формирования напряженно-деформированного состояния массива в зоне очистных работ **обоснованы параметры инновационной геотехнологии совместной разработки разнорудных руд на сверхглубоких (2 км) горизонтах рудников Норильского района**, предусматривающая предконцентрацию руд под землей и использование пород, не содержащих полезных компонентов, для закладки выработанного пространства, что позволяет создать, устойчивую горнотехническую систему, повышающую эффективность и безопасность работ, за счет внедрения автоматизированных комплексов горно-обогатительного производства (Рис. 182, Рис. 183, Рис. 184).

Организация: **ИПКОН РАН.**

Авторы: проф., д.т.н. И.И. Айнбиндер, к.т.н. П.Г. Пацкевич, к.т.н. О.В. Овчаренко

*Публикации:*

И.И. Айнбиндер, П.Г. Пацкевич, О.В. Овчаренко «Перспективы развития геотехнологий подземной добычи руд на глубоких рудниках Талнахского и Октябрьского месторождений» // Горная промышленность, № 5 2021г. – С. 70-75

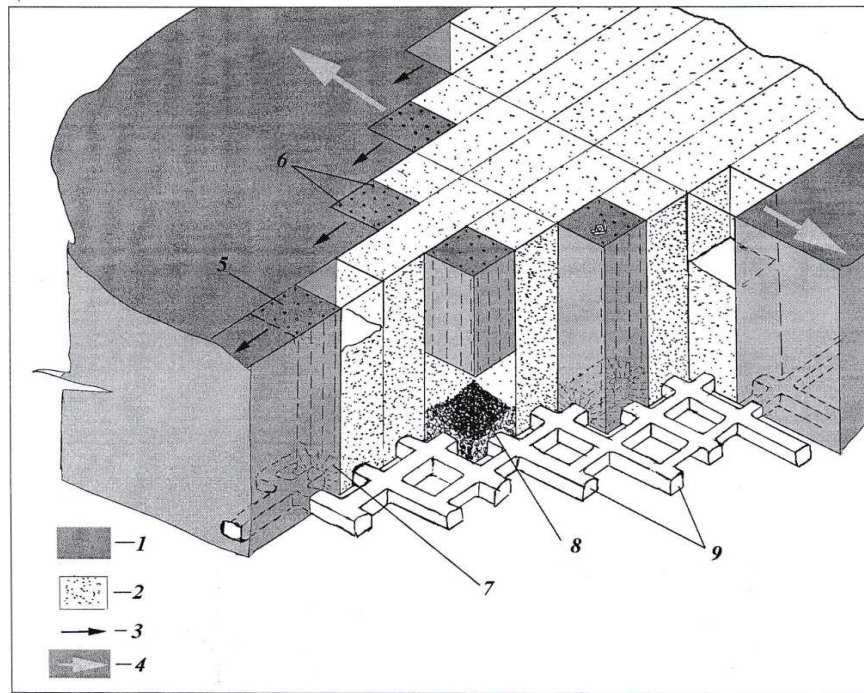


Рис. 182. Принципиальная схема развития фронта очистных работ с совместной отбойкой вкрапленных и сплошных руд по методу (1 – руда; 2 – закладочный массив; 3 – направление движения очистных забоев; 4 – направление движения фронта очистных работ; 5 – очистной блок; 6 – параллельные скважины (д=120-200 мм); 7 – веерные скважины (д=51-72 мм); 8 – отбитая руда)

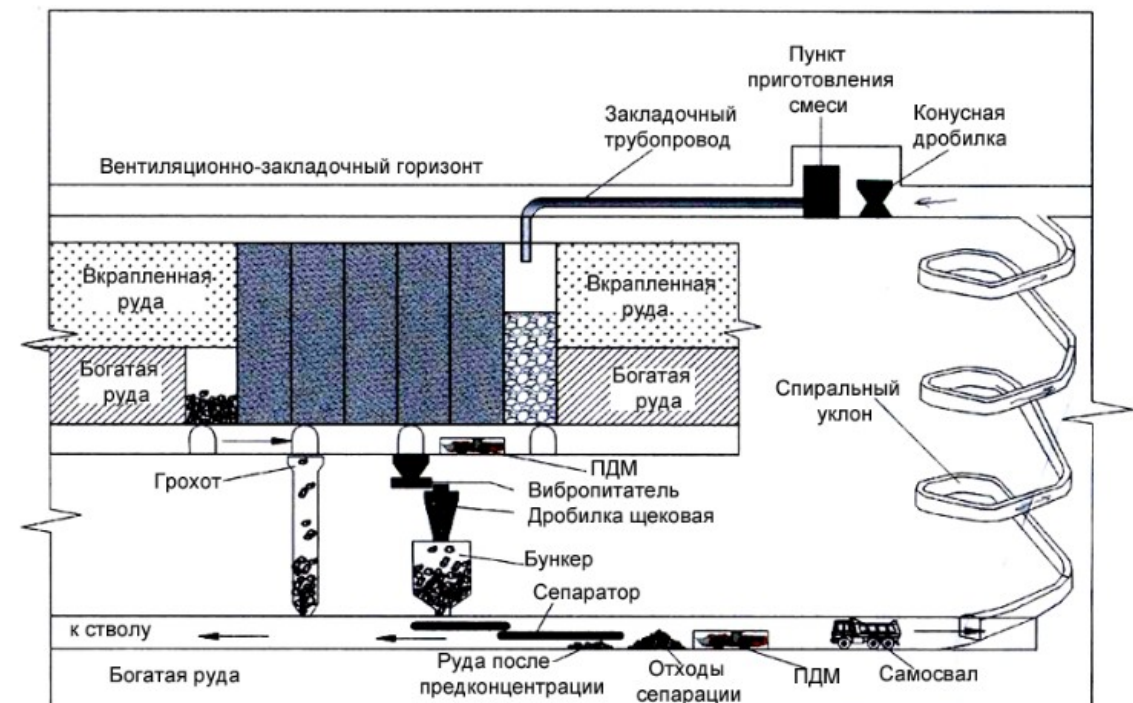


Рис. 183. Горнотехническая система разработки разнорудных Норильского района на больших глубинах с предконцентрацией под землей отбитых вкрапленных руд и использованием пустых пород для закладки выработанного пространства

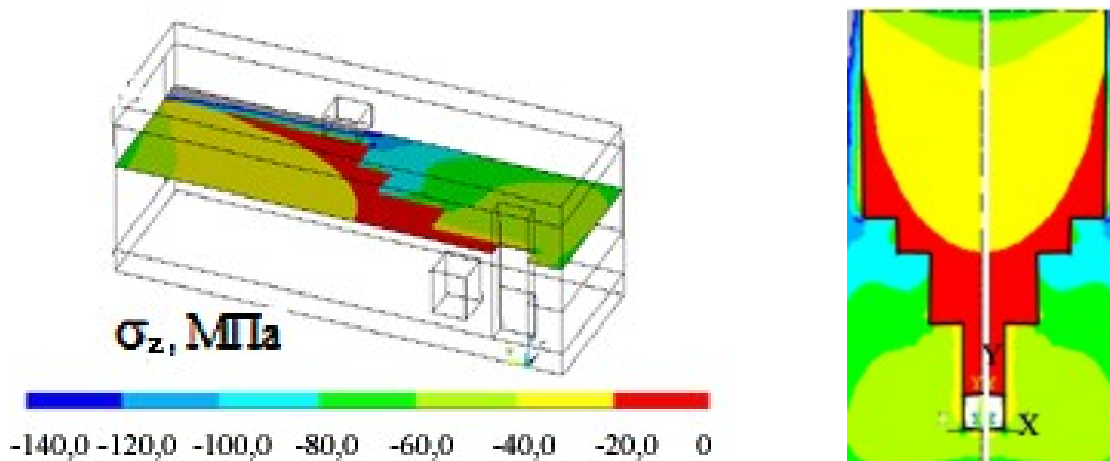


Рис. 184. Распределение напряжений в рудном и закладочном массивах при совместной разработке богатых и вкрапленных руд

**3. Впервые предложен экологически безопасный и технологически простой способ получения наноразмерных частиц  $\alpha$ -кварца из жильного кварца шунгитовых пород** - нетрадиционного для кварца минерального сырья. Наночастицы кварца характеризуются удельной поверхностью 80-120 м<sup>2</sup>/г соизмеримой с поверхностью углерода шунгитовых пород. В процессе переработки жильного кварца шунгитовых пород получены коллоидно устойчивые водные дисперсии наночастиц кварца (дзета потенциал – -30 мВ). Средний размер наночастиц кварца в дисперсии оставляет ~100 нм, рН -7.0. Преимуществом полученных наночастиц перед наночастицами из другого кварцевого сырья является их стабилизация в воде без использования ПАВ или агрессивных добавок. Дисперсия наночастиц представляет интерес для биомедицинских применений, в материаловедении и оптике.

Организация: **ИГ КарНЦ РАН**

Патент 2778691 РФ. Наноразмерный кварц и способ его получения / Рожкова Н.Н., Ригаева Ю.Л., Рожков С.С., Ковальчук А.А. 23.08.2022.

**4. Предложена новая модель распространения сигнала атмосферного давления от извержения вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай (15.01.2022)**, с помощью которой дано объяснение некоторым закономерностям в изменении формы наблюдаемого сигнала с ростом расстояния от вулкана. Модель основана на решении уравнения Кортевега де-Вриза, которое описывает изменение формы волны Лэмба в зависимости от расстояния от источника. Валидация модели проводилась на основе сравнения наблюдаемых и модельных сигналов, рассчитанных для трех инфразвуковых станций IS24 и IS30. Значимость результата заключается в оценке энергии извержения вулкана по амплитуде волны Лэмба и характерной длительности сигналов, зарегистрированных на ближних к вулкану инфразвуковых станциях. Полученные оценки энергии извержения вулкана  $E$  по данным на расстоянии  $r=2858$ км имеют значения, существенно превышающие энергию, выделившуюся при взрыве 58 МТ ТНТ, а также оценку энергии извержения вулкана в 18 МТ ТНТ, данную в зарубежных работах. Методы оценки энергии мощных взрывов могут применяться в Международной сети инфразвукового мониторинга Договора о Всеобъемлющем Запрещении Ядерных испытаний.

Организация: **ИФА РАН.**

Публикации:

Kulichkov S.N., Chunchuzov I.P., Popov O.E. et al. Acoustic-Gravity Lamb Waves from the Eruption of the Hunga-Tonga-Hunga-Hapai Volcano, Its Energy Release and Impact on Aerosol Concentrations and Tsunami // Pure Appl. Geophys. 2022. V. 179, P.1533–1548,

Чунчузов И.П., Куличков С.Н., Попов О.Е., Перепелкин В.Г., Зайцева Д.В., Сомсиков В.М. Волновые возмущения атмосферного давления и скорости ветра в тропосфере, связанные с солнечным терминатором. Изв. РАН Физика Атмосферы и океана, 2021, Т. 57, № 6, с. 1–15.

**5. Предложен метод определения скоростей субмезомасштабных течений на основе измерений с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).** Метод базируется на основе спектрального анализа дисперсии поверхностного волнения (WDA), связанной с взаимодействием поля волн и течений (Рис. 185). Разработанный алгоритм сопоставления спектров яркости, полученных по данным БПЛА, с модельными спектрами волнения при различных скоростях течений позволяет восстанавливать поле скорости течений и скорости волн с разрешением по пространству порядка 1 м. Алгоритм опробован на ряде сценариев с наличием ярко выраженных субмезомасштабных вихревых структур в акватории г. Севастополя и, в частности, позволил впервые в мире восстановить динамическую структуру субмезомасштабных антициклонов диаметром менее 200 м.

Разработанный метод позволяет получать новые данные о динамике прибрежной зоны с очень высоким пространственным разрешением.

Организация: **ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН.**

Публикация:

Yurovsky, Y. Y., Kubryakov, A. A., Plotnikov, E. V., & Lishaev, P. N. (2022). Submesoscale Currents from UAV: An Experiment over Small-Scale Eddies in the Coastal Black Sea. Remote Sensing, 14(14), 3364.

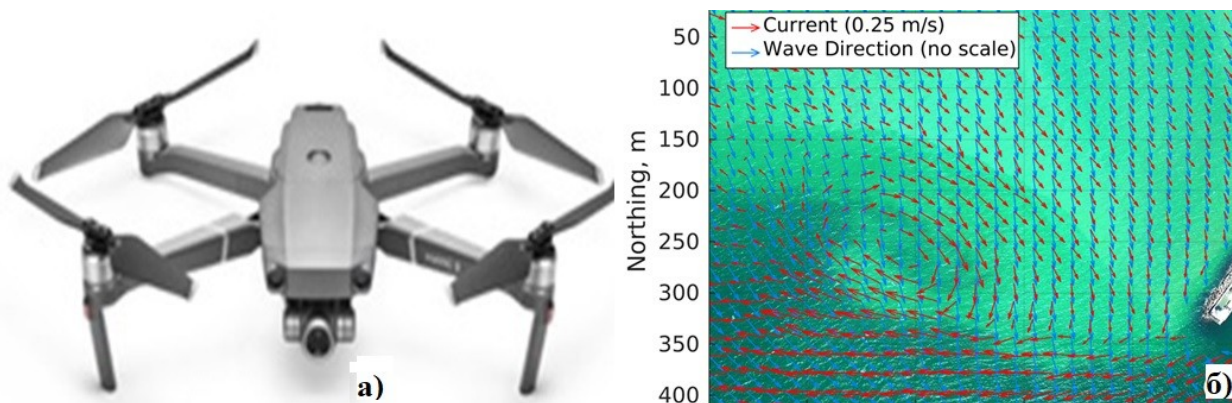


Рис. 185. а) - Беспилотный летательный аппарат; б) - скорость течений, полученный методом WDA

**6. Разработана система регистрации в режиме реального времени детальных полей приповерхностных течений, приводной скорости ветра и спектров ветровых волн** в акваториях с размером порядка километра для широкого круга научных, прикладных и двойного назначения задач. Система реализована и апробирована на базе радиолокационных станций X- и Ka-диапазонов, работающих с океанографической платформы в Черном море в автоматическом режиме с управлением через Интернет. Восстановление характеристик морской среды осуществляется на основе созданной физической модели, воплощающей принципы спутникового мониторинга скорости ветра и состояния морской поверхности с помощью скаттерометров и радаров с синтезированием апертуры, а также данных исследования обрушений

ветровых волн. На **Рис. 186** и **Рис. 187** показаны примеры восстановленных поля векторов скорости течения и частотного спектра ветровых волн. Система не имеет мировых аналогов, недорогая и включает лишь компоненты отечественного производства.

Организация: **ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН.**

*Публикации:*

Yurovsky Y.Y., Kudryavtsev V.N., Grodsky S.A., Chapron B. Ka-Band Doppler Scatterometry: A Strong Wind Case Study // Remote Sensing. 2022. 14:1348.

Yurovsky Y.Y., Kubryakov A.A., Plotnikov E.V., Lishaev P.N. Submesoscale Currents from UAV: An Experiment over Small-Scale Eddies in the Coastal Black Sea // Remote Sensing. 2022. 14: 3364.

Кориненко А.Е., Малиновский В.В., Дулов В.А., Кудрявцев В.Н. Оценка времени жизни «барашка» обрушивающейся волны // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2022. Т. 15, № 1. С. 61–72.

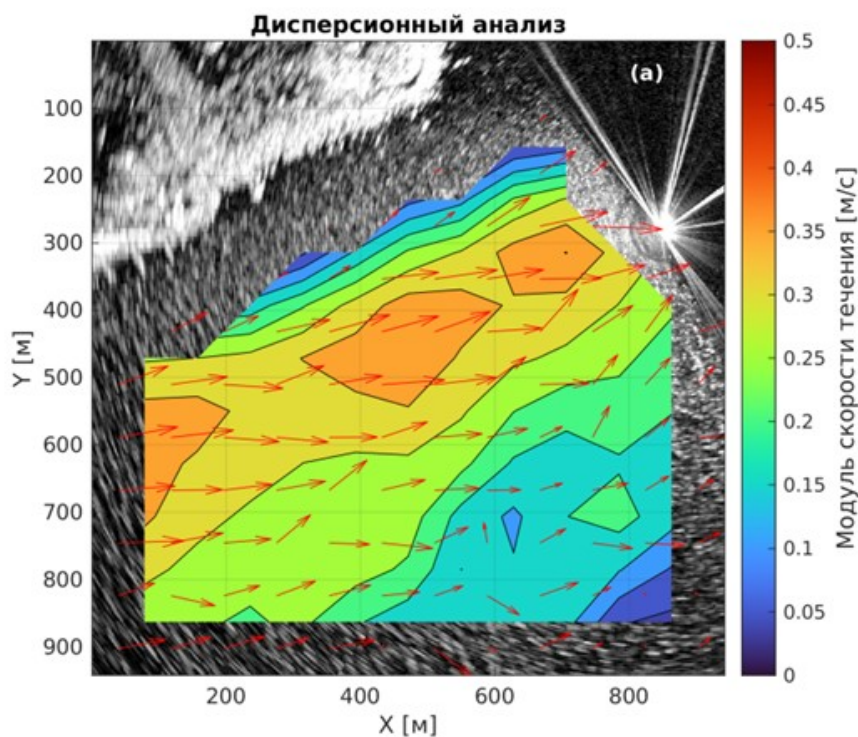


Рис. 186. Скорость поверхностного течения

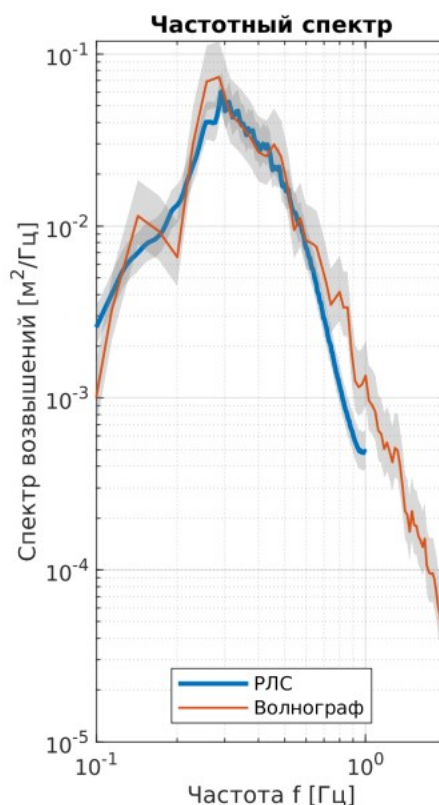


Рис. 187. Сравнение частотных спектров волн, полученных РЛС и волнографом

**7. Разработан способ одновременного определения** концентрации фотопигментов фитопланктона, растворённого органического вещества и размерного состава взвеси в морской воде *in situ*, на который получен патент.

Организация: **ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН.**

Патент № 2775809 С1 Российская Федерация, МПК G01N 21/64. Способ определения концентрации фотопигментов фитопланктона, растворённого органического вещества и размерного состава взвеси в морской воде *in situ* : № 2021124358 : заявл. 13.08.2021 : опубли. 11.07.2022 / М. Е. Г. Ли, О. Б. Кудинов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Морской гидрофизический институт РАН". – EDN QWIXDW.

**8. На основе современных вычислительных алгоритмов и машинного обучения создана технология интерпретации данных скважинной геоэлектрики для обеспечения импортонезависимости в нефтегазовой отрасли**

Для количественной интерпретации данных скважинной электротомии разработаны быстрые нейросетевые алгоритмы воспроизведения и инверсии сигналов гальванических и электромагнитных зондов в классе реалистичных тонкослойных геоэлектрических моделей. На большом массиве практических данных из скважин Западной Сибири показана высокая эффективность и точность созданного программного обеспечения. Это достигается использованием для вычисления сигналов оригинальных модификаций метода конечных элементов, численной генерацией обучающих выборок в пространстве электрофизических характеристик геологической среды с учётом реальных конструкций скважинных приборов. Конечный результат представляется в виде трансверсально-изотропных геоэлектрических моделей нефтегазовых



коллекторов, дополненных изменёнными при бурении прискважинными зонами. (Рис. 162, Рис. 163).

Организация: **ИНГГ СО РАН.**

Авторы: академик РАН Эпов М.И., член-корреспондент РАН В.Н. Глинских к.ф.-м.н. О.В. Нечаев, к.т.н. К.Н. Даниловский, к.т.н. А.М. Петров, д.т.н. К.В. Сухорукова

*Публикации:*

Danilovskiy K., Petrov A., Asanov O., Sukhorukova K. Deep-Learning-Based Noniterative 2D-Inversion of Unfocused Lateral Logs // Russian Geology and Geophysics. 2022 (August). P. 1-7. DOI: 10.2113/RGG20224457; Эпов М.И., Петров А.М., Даниловский К.Н., Нечаев О.В. И др. Способ определения удельного электрического сопротивления терригенных нефтяных коллекторов по данным электрокаротажа субвертикальных скважин с использованием искусственных нейронных сетей / Патент РФ № 2774819.

## **9. Цифровые геолого-геофизические модели осадочных комплексов на территории центральных и южных районов республики Саха (Якутия)**

Проведены сбор и интерпретация материалов сейсморазведочных работ МОГТ, глубокого бурения, выполненных за счет средств Федерального бюджета на территории девяти нефтегазоносных областей центральных и южных районов Республики Саха (Якутия) в 2000-2021 гг., созданы цифровые геолого-геофизические модели региональных осадочных комплексов (Рис. 188).

На основе новейших геолого-геофизических материалов построены региональные структурные карты по поверхностям фундамента, рифея, терригенного комплекса венда, нижнего-среднего кембрия (иниканская, куонамская свиты и их аналоги), перми, по основаниям нижней юры (сунтарская свита) и мела на всю территорию Республики Саха (Якутии).

В осадочном чехле выделены и описаны нефтегазовые системы, флюидоупоры, резервуары, дана углубленная геохимическая характеристика нефтегазопроизводящих пород рифея, кембрия и перми. Построены новые версии схем тектонического и нефтегазогеологического районирования осадочного чехла, выполнена оценка ресурсов нефти и газа, в частности, впервые выполнена оценка ресурсов углеводородов кембрия под верхнепалеозойско-мезозойским осадочным чехлом Виллойской гемисинеклизы.

Выполненные работы являются научной основой для проектирования геологоразведочных работ и лицензирования недр, развития нефтегазового комплекса Дальнего Востока, газификации территории Республики Саха (Якутии) и Амурской области, формирования на востоке России нефтегазоперерабатывающей, нефтегазохимической и гелиевой промышленности.

Организация: **ИНГГ СО РАН.**

Авторы: Конторович А.Э., Губин И.А., Константинова Л.Н., Маринов Р.В., Моисеев С.А., Федорович М.О., Фомин А.М.

*Публикации:*

Фомин А.М., Губин И.А., Моисеев С.А., Конторович А.Э. Современное состояние геолого-геофизической изученности центральных и южных районов республики Саха (Якутия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2022, № 11с. – С. 43-48.

Фомин А.М., Константинова Л.Н., Губин И.А., Моисеев С.А. Результаты корреляции протерозойско-фанерозойских разрезов глубоких скважин и нефтегазоносные комплексы Алдано-Майской потенциально нефтегазоносной области // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2022, Т. 17. - № 3. – С. 1-20. - [http://www.ngtp.ru/rub/2022/29\\_2022.html](http://www.ngtp.ru/rub/2022/29_2022.html)

Константинова Л.Н., Губин И.А., Моисеев С.А., Абдулин М.И. Перспективы нефтегазоносности

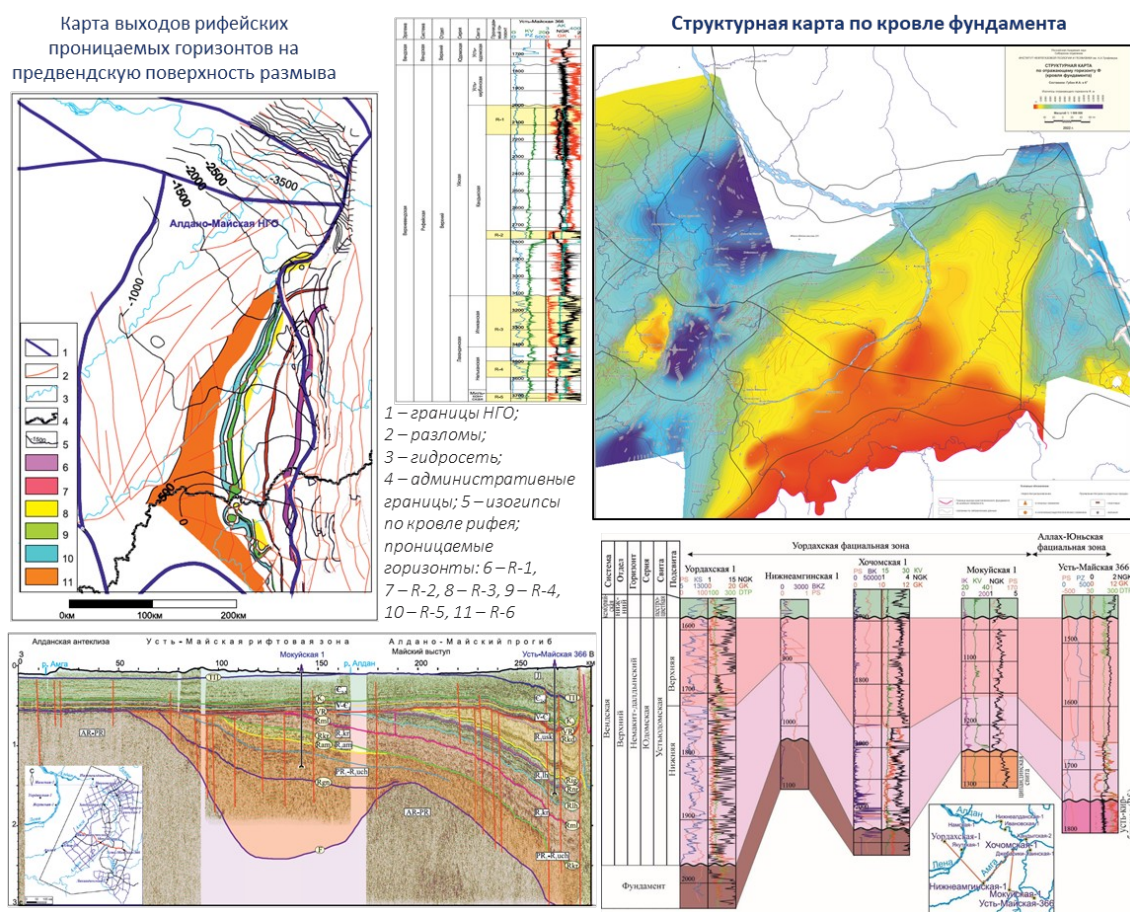


Рис. 188. Цифровые геолого-геофизические модели региональных осадочных комплексов

## 10. Обоснование технических параметров способов и средств управления тепловым режимом дорожных одежд и оснований в криолитозоне

Теоретически обоснован и разработан новый способ активной тепловой защиты инженерных сооружений в криолитозоне. Предложено устройство для практической реализации нового способа, отличающееся патентной чистотой (патент РФ на полезную модель «Теплозащитный элемент» № 212670 опубл. 02.08.2022 г. Бюл. №22). Отличительной чертой нового устройства активной тепловой защиты является возможность теплозащитного элемента изменять свое термическое сопротивление (увеличивать при положительной температуре и уменьшать при отрицательной) в зависимости от температуры атмосферного воздуха. Это позволяет обеспечить эффективное охлаждение пород деятельного слоя в зимний период года и снизить глубину оттаивания в летний период (Рис. 189).

Организация: **ИМЗ СО РАН.**

Авторы: А.Ф. Галкин, М.Н. Железняк, А.Ф. Жирков

Публикации:

А.Ф. Галкин, М.Н. Железняк, А.Ф. Жирков Критерий выбора строительных материалов для теплоизоляционных слоёв дорожных одежд и оснований // Успехи современного естествознания. 2022, № 8. С.108-113. (ВАК, ИФ=0,369)

А.Ф. Галкин. Эквивалентное термическое сопротивление дорожной одежды // Арктика и Антарктика. 2022, № 3. (ВАК, ИФ=0,388)

Galkin A.F. Controlling the Thermal Regime of the Road Surface in the Cryolithic Zone. Transportation Research Procedia. 2022. V.63.P.1224-1228. (Scopus, CS=3.0)

Galkin A.F., Zheleznyak M.N., Zhirkov A.F. Increasing Thermal Stability of the Roads in Cryolithic Zone. Transportation Research Procedia. 2022.V.63.P.412-419. (Scopus, CS=3.0)

А.Ф.Галкин. Глубина зоны теплового влияния автомобильных дорог// Урбанистика. 2022, №4. (ВАК, ИФ=0,811)

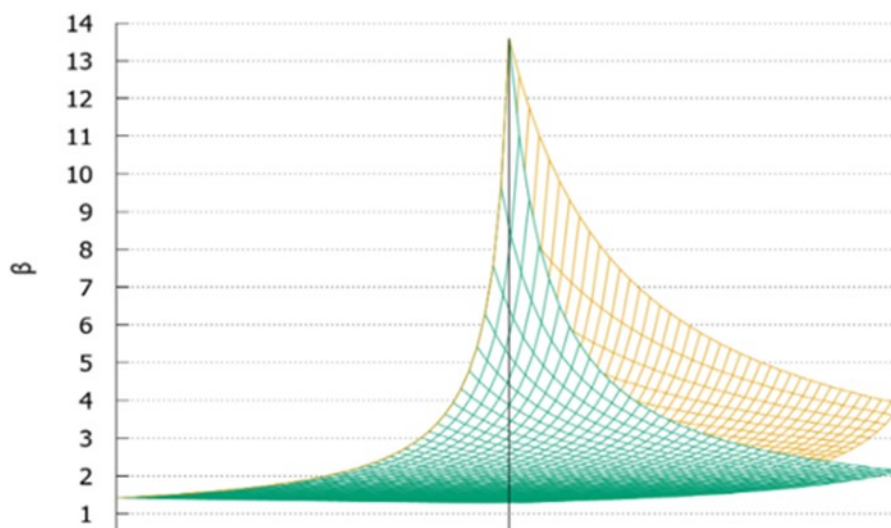


Рис. 189. Степень изменения (уменьшения) «β» термического сопротивления теплозащитного элемента в зимний период года

#### 11. Оптические проявления горизонтальной ориентации кристаллических частиц при лазерном зондировании ледяных облаков

Ледяные облака верхних ярусов играют существенную роль в радиационном балансе Земли. Часто встречающиеся случаи горизонтальной ориентации кристаллических частиц приводят к увеличению отражающей способности облачности и должны учитываться в радиационных моделях атмосферы. В ИОА СО РАН в экспериментах с помощью сканирующего поляризационного лидара ЛОЗА-М3 показано, что в 95% случаев отклонения кристаллических зеркально отражающих частиц от горизонтальной плоскости подчиняются экспоненциальному закону с шириной распределения от 10 до 310 угловых минут. Впервые экспериментально обнаружен теоретически предсказанный эффект уголкового отражения при зондировании горизонтально ориентированных кристаллов под зенитными углами более 32 градусов, при этом наблюдаемые зависимости совпадают с результатами численных расчетов методом физической оптики при наличии в ледяном облаке смеси кристаллических частиц в виде гексагональных пластинок и столбиков (Рис. 190).

Организация: **ИОА СО РАН**

Публикации:

Kustova N., Konoshonkin A., Kokhanenko G., Wang Zh., Shishko V., Timofeev D., and Borovoi A. Lidar backscatter simulation for angular scanning of cirrus clouds with quasi-horizontally oriented ice crystals // Optic Letters. 2022. V.47. №15/1. P.3648–3651. DOI: 10.1364/OL.463282. IF Scopus: 3.832 (Q1).

Kokhanenko G.P., Balin Yu.S., Borovoi A.G., and Novoselov M.M. Studies of the orientation of crystalline particles in ice clouds by a scanning lidar // Atmospheric and Oceanic Optics. 2022. V.35. №5. P.509–516. DOI:

10.1134/S1024856022050141. IF Scopus: 1.515 (Q2).

Shishko V.A., Konoshonkin A.V., Timofeev D.N., Kustova N.V., Borovoi A.G., Kokhanenko G.P., and Balin Yu.S. Calculation of the signal of a scanning lidar for remote sensing of cirrus clouds containing predominantly horizontally oriented crystals / Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. 2022. V.86. Suppl.1. P.S207–S210. DOI: 10.3103/S1062873822700708. IF Scopus: 0.444 (Q3).

Балин Ю.С., Новоселов М.М., Коханенко Г.П., Пеннер И.Э., Самойлова С.В., Клемашева М.Г., Насонов С.В. Способ лазерного зондирования атмосферных кристаллических образований // Патент на изобретение (Россия). 2022. № 2772071. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 16.05.2022. Патентообладатель: ИОА СО РАН (RU).

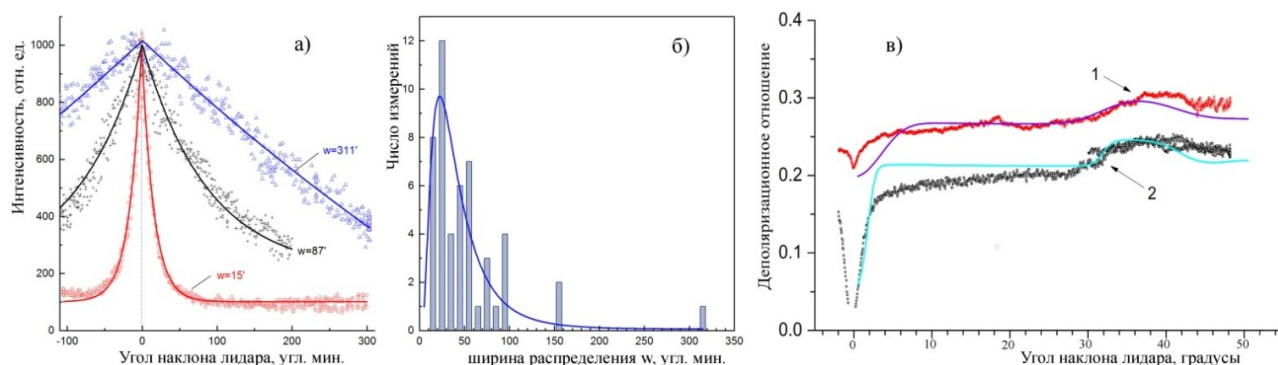


Рис. 190. Интенсивность лидарного сигнала в зависимости от угла наклона; точки – эксперимент,

линии – аппроксимация  $I(\alpha) = I_0 + A \exp(-|\alpha - \alpha_0|/w)$  с шириной распределения  $w = 15, 87$  и  $311$  угл. минут (а). Частота появления ширин распределения  $w$  (б). Деполяризационное отношение  $\delta$  в зависимости от угла наклона лидара в случае уголкового отражения; точки – эксперимент; 30% ориентированных пластин, 56% столбиков и 14% частиц нерегулярной формы (кривая 1); 20% пластин и 80% столбиков (кривая 2) (в)

## 12. Фотолюминесцентные материалы состава $\text{NaSrR}(\text{BO}_3)_2$ : синтез, рост, структура и оптические свойства

Комплексные новые соединения  $\text{NaSrR}(\text{BO}_3)_2$  ( $R = \text{Ho-Lu, Y, Sc}$ ) получены методом твердофазового синтеза и выращены кристаллы с использованием растворителя  $\text{Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-NaF}$ . В диапазоне от 190 до 900 нм спектры соединений с Yb, Lu и Y не имеют каких-либо пиков, а соединения, содержащие Ho, Er и Tm, имеют типичные пики поглощения, соответствующие переходам из нижнего подуровня в возбужденное состояние (Рис. 191). Полученные соединения могут рассматриваться в качестве эффективных ИК-люминофоров или матриц для создания скрытых, машиночитаемых флуоресцентных меток, используемых для защиты ценных бумаг, а также активных сред для лазеров, генерирующих в безопасном для человеческого глаза спектральном диапазоне (1,5-1,6 мкм).

Организации: ИГМ СО РАН совместно с ИФ СО РАН, Томским государственным университетом и Казахским национальным университетом имени аль-Фараби

Публикация:

Kuznetsov, A. B., Kokh, K. A., Sagatov, N., Gavryushkin, P. N., Molokeyev, M. S., Svetlichnyi, V. A., Lapin, I. N., Kononova, N. G., Shevchenko, V. S., Bolatov, A., Uralbekov, B., Goreiavcheva, A. A., & Kokh, A. E. Synthesis and Growth of Rare Earth Borates  $\text{NaSrR}(\text{BO}_3)_2$  ( $R = \text{Ho-Lu, Y, Sc}$ ). // Inorganic Chemistry, 2022, 61, 19, 7497–7505. DOI: 10.1021/ACS.INORGCHEM.2C00596. Q1, IF (WoS) = 5,436

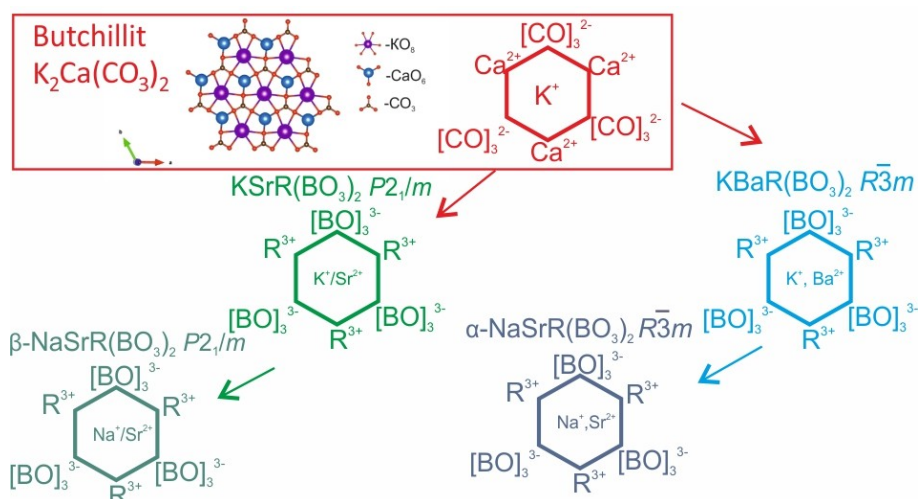


Рис. 191. Схема изоморфизма карбонат бютчиллит ( $K_2Ca(CO_3)_2$ ) – трехкатионные бораты ( $MNR(BO_3)_2$ ).

### 13. Влияние изменения напряженного-деформированного состояния и трещинно-порового пространства углеродного массива на распространение акустических волн

Подтверждена принципиальная возможность применения сейсмоакустических методов измерений для определения влияния технологических операций (метод направленного гидроразрыва кровли и метод поинтервального гидроразрыва угольного пласта), сопутствующих ведению горных работ, на изменение структурных характеристик углеродного массива, и разработаны основные положения методики оценки такого влияния.

Показано, что геомеханические изменения, характеризуемые увеличением объема трещинно-порового пространства, контрастно выделяются в регистрируемом комплексе сейсмической информации снижением скоростей распространения продольных объемных волн во вмещающих породах в области активной кровли и поверхностных волн, распространяющихся по угольному пласту в пределах горизонта его залегания.

Организации: **Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН.**

Публикации:

1. В.И. Клишин, О.В. Тайлаков, С.В. Соколов, М.П. Макеев Оценка геомеханического состояния углеродного массива в сейсмоакустических исследованиях выемочных участков угольных шахт // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022 № 4

2. Tailakov, O. V. Boosting the efficiency of hydrodynamic impact on a coal-rock massif employing the method of seismic tomography to control massif's parameter / O. V. Tailakov, M. P. Makeev, S. V. Sokolov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/823/1/012005

3. Патент на изобретение № 2760271 «Скважинное устройство для осуществления гидроразрыва горных пород»

### 14. Создание нового направления конструирования механизированных крепей с выпуском угля подкровельной и межслоевой толщи

Институтом угля ФИЦ УУХ СО РАН совместно с ИГД СО РАН им. Н.А. Чинакала теоретически методом дискретных элементов, где горная масса представляется в виде совокупности сферических частиц (дискретных элементов), установлено и экспериментально доказано, что производительность (или массовый

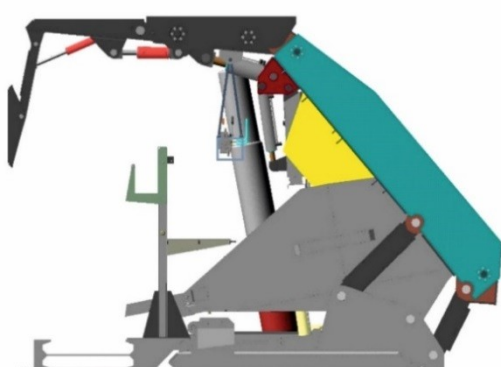
расход) питателей определяется как суммарная масса дискретных элементов, пройденных через плоскость за единицу времени. Изменение силовых характеристик и производительности питателей в процессе выпуска имеют периодический характер. При использовании гладкого (I) и ступенчатого (II) питателей, ориентированных вдоль плоскости движения, достигается максимальная средняя производительность (Рис. 192).

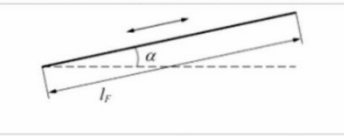
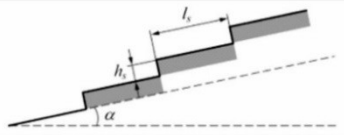
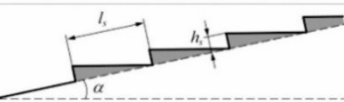
Организации: **Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН совместно с ИГД СО РАН**

Публикации:

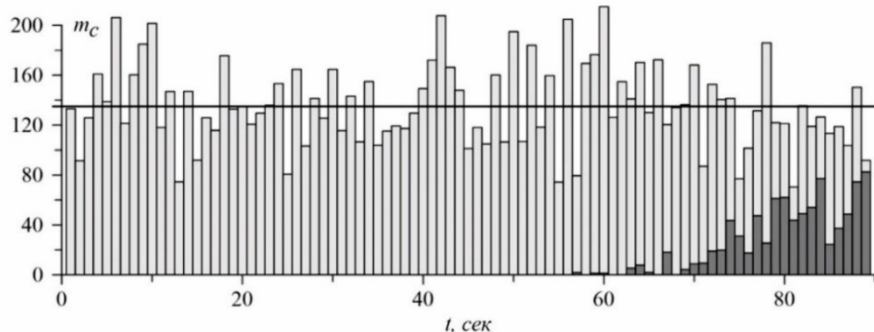
Худынец Е.А., Клишин С.В., Клишин В.И. Исследование питателя механизированной крепи для выемки мощных пологих пластов с управляемым выпуском угля // Горное оборудование и электромеханика. 2022. №2 (160). С. 31-38. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-31-38

Патент на полезную модель № 210254 «Секция механизированной крепи очистного забоя с устройством регулируемого выпуска угля»



	Плоский питатель (I): угол наклона к горизонтальной плоскости $\alpha = 12^\circ$ ; длина питателя $l_F = 3.5$ м
	Ступенчатый питатель (II): $l_s = 0.7$ м; $h_s = 0.05$ м
	Зубчатые питатели: (III) $l_s = 0.5$ м; $h_s = 0.1$ м; (IV) $l_s = 0.7$ м; $h_s = 0.1$ м

Конструкция механизированной крепи с выпуском угля и параметры питателей



Массовый расход угля (белый цвет) и пустой породы (серый цвет) в процессе выпуска для ступенчатого питателя



Внешний вид лабораторной установки по исследованию питателя

Рис. 192

## 15. Роботизированная многофункциональная шагающая механизированная крепь

Обеспечивает надежное крепление кровли и бортов выработки, позволяет защитить технологическое оборудование роботизированного комплекса в горной выработке, обеспечивает геометрическую неизменяемость секций устройства во время передвижения и постоянный распор в следующих схемах: скоростная проходка горных выработок; камерно-столбовая система; крепь сопряжения; аварийный комплекс для выемки заваленного под землёй оборудования.

Полностью с нуля разработан, изготовлен и испытан законченный прототип силовой части управления электрогидравлическими клапанами.

Разработан и испытан универсальный пульт управления, адаптируемый для различных видов горно-шахтного оборудования.

Проведен комплекс натурных и имитационных экспериментов.

Организация: **Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН**

*Публикации:*

1. Klishin V. I. High-Rate Mining Technology Simulation Modeling / V. I. Klishin, A. N. Starodubov, V. V. Zinov'ev, A. D. Turgenev // Journal of Mining Science. – 2022. – Т. 58. – №. 3. – С. 398-404. DOI: 10.1134/S1062739122030061

2. Клишин В.И., Кузнецова Л.В., Анферов Б.А. Применение шагающей крепи для безопасной добычи угля с борта разреза комплексом глубокой разработки пластов// Безопасность труда в промышленности. - 2022. - № 6. - С. 40-45. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-6-40-45

3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022611584 «Программа управления и индикации данных экспериментальной эксплуатации прототипов роботизированных элементов подземного горно-шахтного оборудования»

## **16. Алгоритм управления движением и корректировки маршрута автономного транспортного средства на основе машинного зрения и лазерной подсветки**

Реализован алгоритм управления движением и корректировки маршрута автономного транспортного средства на основе компьютерного зрения и подсветки светового маркера.

Машинное зрение реализует процесс выделения, идентификации и преобразования видеоинформации. Отличием подхода является обработка не всего изображения, а только сегментированной части от проецируемых лазерных маркеров. Обработка изображений реализована программными средствами LabVIEW и совокупностью алгоритмов среды Vision Assistant.

Разработанный алгоритм и реализующие программно-аппаратные средства позволяют проводить исследования управления автономным транспортным средством на основе анализа техническим зрением зависимостей отклонения координатной линии лазерного маркера от лазерной подсветки траектории при различных уровнях внешней освещенности и состояния дорожного покрытия.

Организация: **Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН.**

*Публикации:*

1. Kizilov S. A., Nikitenko M. S. The concept of using computer vision in control of autonomous transport //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 823. – №. 1. – С. 012018.

2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022682679 «Программа системы обнаружения препятствий автономным транспортным средством на основе машинного зрения»

**17. Разработан и опробован новый способ сейсмического микрорайонирования (СМР) с использованием коэффициентов уязвимости**, которые позволяют успешно описывать динамические характеристики верхней части исследуемых грунтов, при этом отмечает самые слабые участки, которые в наибольшей степени подвержены воздействию упругих колебаний. Получена формула вычисления приращения сейсмичности, в которой максимальные амплитуды заменяются максимумами  $K_y$ .

$$\Delta I = 2 \lg \left[ \left( K_y \right)_{\max} \right]_i / \left[ \left( K_y \right)_{\max} \right]_0 = 2 \lg \left[ \left( A^2 / f \right)_{\max} \right]_i / \left[ \left( A^2 / f \right)_{\max} \right]_0$$

Разработанный способ сейсмического микрорайонирования может быть использован в инженерной сейсмологии для оценки интенсивности сейсмических колебаний с учетом свойств грунтов, слагающих сильно зашумленные территории городов, строительных площадок и т. п. (Рис. 193)

Организация: ИГФ УрО РАН.

Публикации:

Сенин Л.Н., Сенина Т.Е. Способ сейсмического микрорайонирования с использованием коэффициента уязвимости. Патент № 2771156 С1. Зарегистрирован 27.04.2022.

Сенин Л.Н., Сенина Т.Е. Применение индекса уязвимости в сейсмическом микрорайонировании // Уральский геофизический вестник 2022. № 1(47), С. 4–9. DOI: 10.25698/UGV.2022.1.1.04.

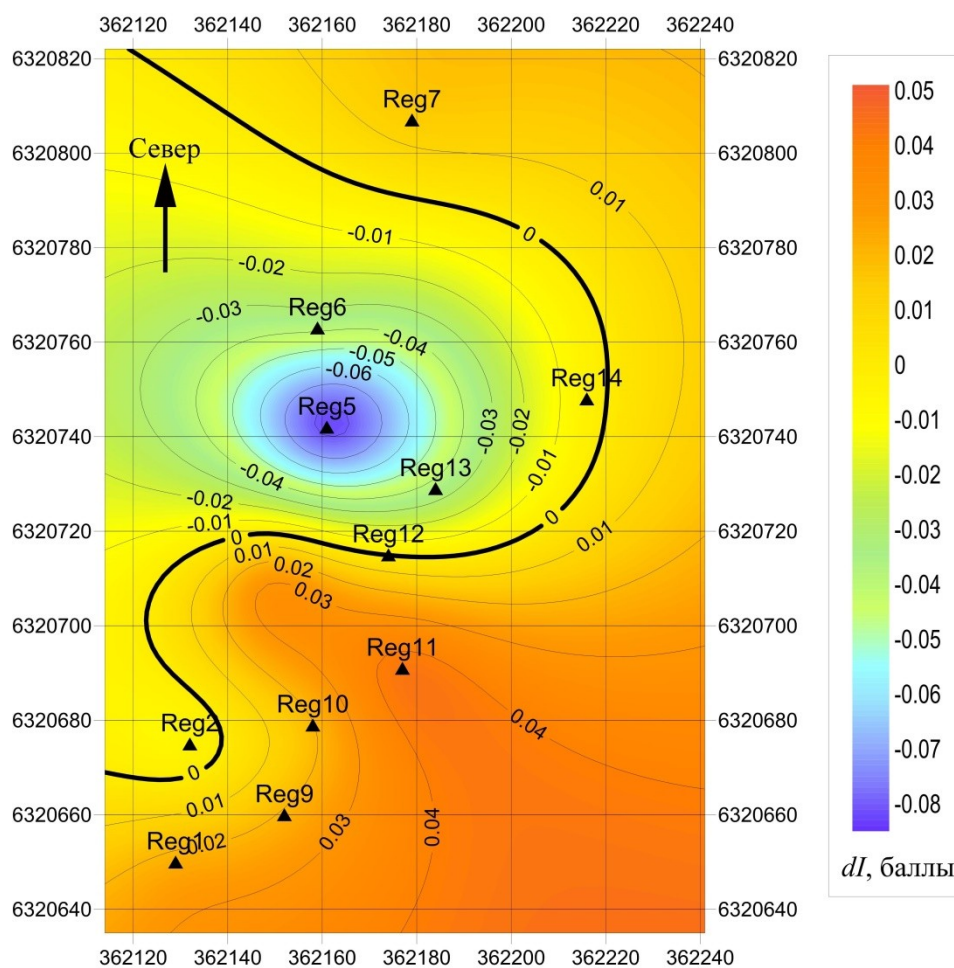


Рис. 193. Схематическая карта CMP, построенная с использованием нового способа сейсмического микрорайонирования

**18. Разработан новый метод получения циркона ( $ZrSiO_4$ ) при низких температурах за счет использования природосовместимого минерализатора на основе оксида меди в процессе золь-гель синтеза.** Установлено, что предложенная спекающая добавка ускоряет процессы диффузии между частицами оксидов циркония и кремния за счет снижения энергетического барьера химической реакции и оказывает существенное влияние на процессы кристаллизации. Впервые доказана возможность образования твердых растворов в системе  $ZrSiO_4-CuO$  при помощи КР-спектроскопии (Рис. 194). Разработанная технология синтеза может быть использована в изготовлении катализаторов, пигментов и термостойких покрытий.



Организации: ИГГ УрО РАН, ИХТТ УрО РАН.

Публикация:

Merkulov O.V., Markov A.A., Uporova N.S., Zamyatin D.A. (2022) Investigation into the significant effect of CuO additive on the synthesis of ZrSiO<sub>4</sub>: phase formation and crystallization at low temperature. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 147, 11747–11757. DOI: 10.1007/s10973-022-11387-4.

Патент на изобретение № 2776575, Способ получения циркона, Меркулов О.В., патентообладатель: ФГБУН Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН.

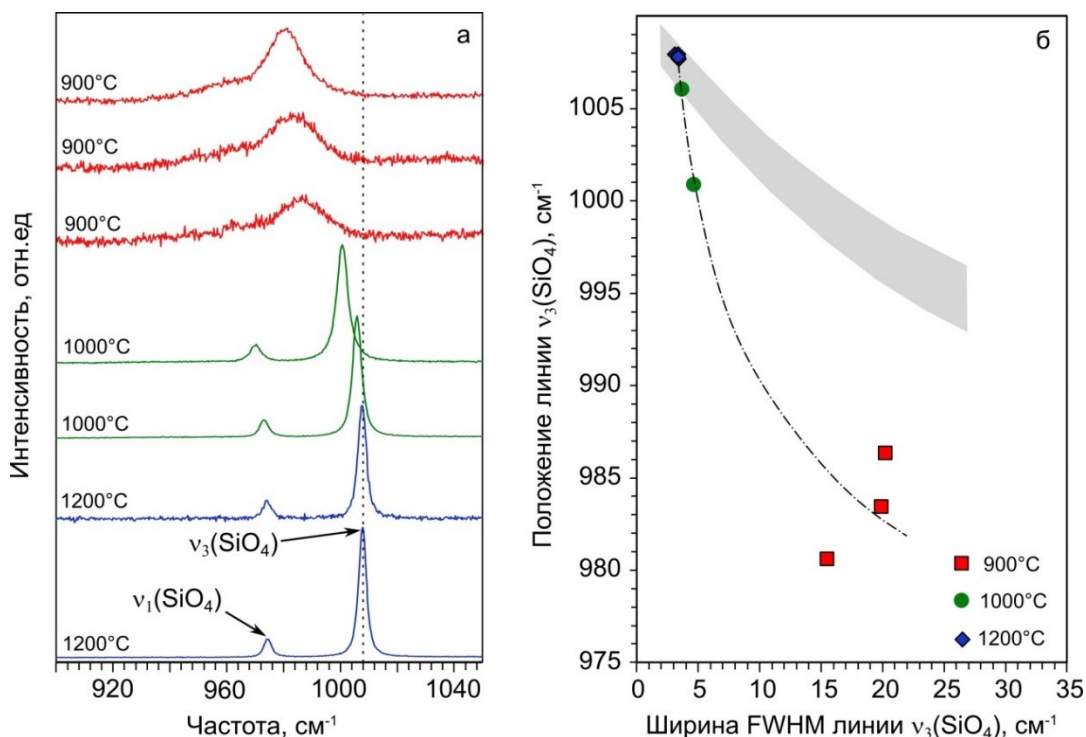


Рис. 194. Спектры комбинационного рассеяния (а) и параметры колебательной линии  $\nu_3(\text{SiO}_4)$  (б) для образцов с 5% CuO, отожженных при температурных 900, 1000, 1200 °С, показывающие отклонение линии  $\nu_3(\text{SiO}_4)$  из-за вхождения Cu в структуру циркона. Серым цветом выделено поле значений для природных цирконов

**19. Обоснована методика геодинамической диагностики на основе комплексирования геофизических методов, включающая радонометрию (Патент государственной регистрации), электрометрию в варианте метода срединного градиента с модернизированным функционалом и метод спектрального сейсмопрофилирования для построения структурно-тектонической модели исследуемого массива горных пород, на основе которой разработана программа геодинамического районирования территории на примере Сарановского месторождения (Рис. 195)**

Организация: ИГД УрО РАН.

Публикация:

Далатказин Т.Ш., Ведерников А.С., Григорьев Д.В. Исследования возможности применения методики срединного градиента при изучении современной геодинамической активности / Т.Ш. Далатказин, А.С. Ведерников, Д.В. Григорьев // Проблемы недропользования. -2022. - № 4.

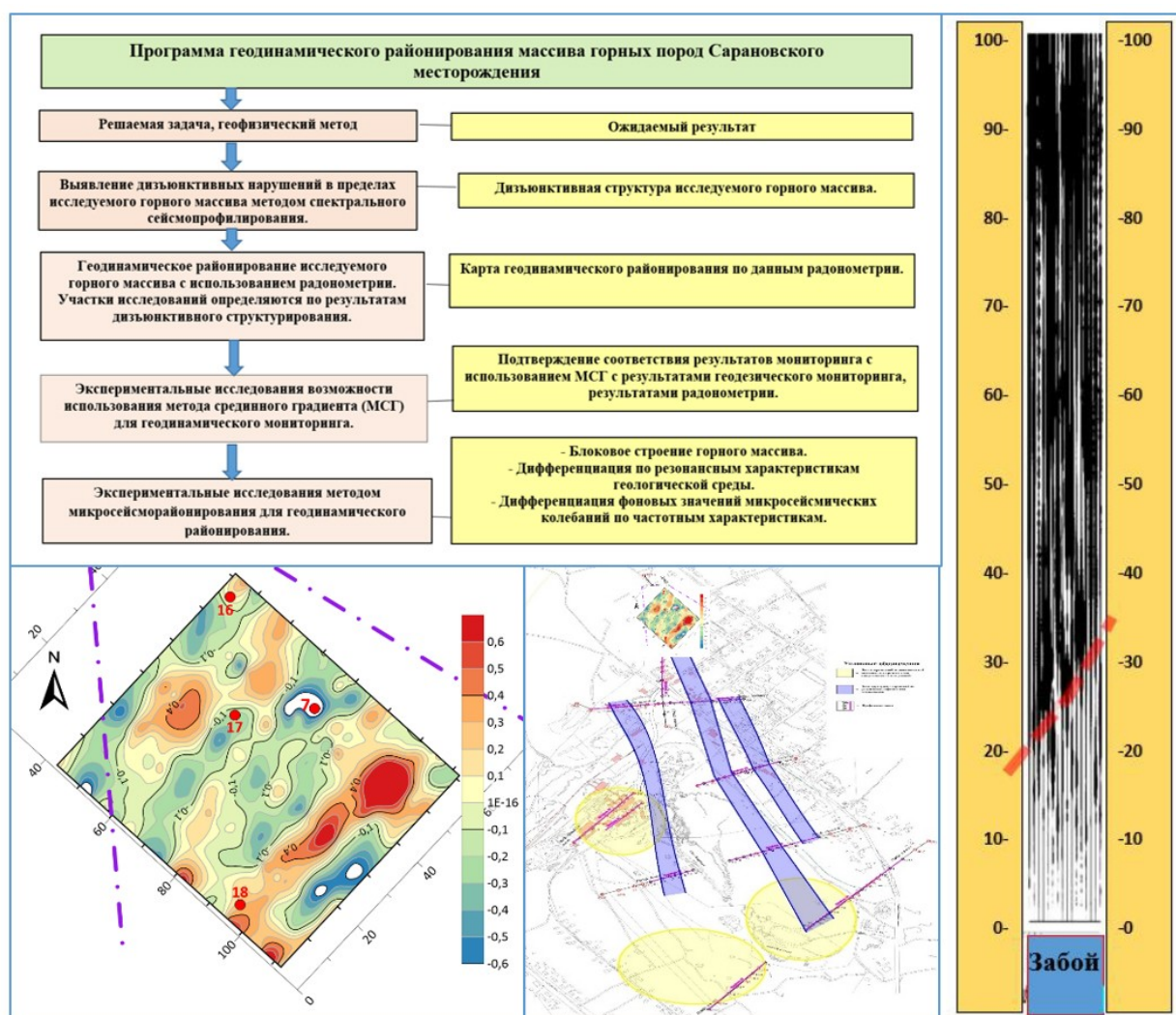


Рис. 195. Программа геодинамического районирования массива горных пород Сарановского месторождения

**20. Выявлены проблемы, связанные с геодинамическими процессами, происходящими на территории с разрабатываемыми месторождениями твердых полезных ископаемых (ТПИ) и проведен анализ особенностей строения земной коры Восточного Оренбуржья.** Предложен эффективный критерий определения типа зарегистрированных сейсмических событий (СС), согласно которому СС индуцированного типа определяются временем промышленных взрывов и местом расположения источника их возбуждения. Разработан и апробирован способ управления индуцированной сейсмической активностью при разработке месторождений ТПИ, позволяющий существенно снизить индуцированную сейсмичность. Использование способа обеспечивает уменьшение стоимости строительства крупномасштабных объектов на 3.1-6.3%. Научно-методический и изобретательский комплекс рекомендован для использования горнорудными предприятиями, а также Департаменту пожарной безопасности и гражданской защиты Оренбургской области и ГУ МЧС РФ по Оренбургской области.

Организация: **Отдел геоэкологии ОНЦ УрО РАН.**

Публикации:

A.Yu. Vladova, Yu.R. Vladov. Detection of oil pipelines' heat loss via machine learning methods / IFAC-PapersOnLine. М.: Elsevier, 2022. Vol. 55, Issue 9. С. 117-121. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.07.021. 5.

Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Владова А.Ю., Белов В.С. Способ управления индуцированной сейсмической активностью на участках разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Патент на изобретение 2782173 С1, 21.10.2022. Заявка № 2021113280 от 07.05.2021.

**21. Разработана и научно обоснована технология построения геодинамических полигонов (ГДП) на подземных хранилищах газа (ПХГ) с использованием глобальной навигационной спутниковой системы и локальных профильных линий высокоточного нивелирования, на основе которой разработаны и согласованы недропользователем и Ростехнадзором проекты ГДП на ПХГ в центральной части России.** Данная технология за счет учета геологического строения земной коры и технологии эксплуатации ПХГ позволяет оптимизировать количество пунктов наблюдений и повысить эффективность ГДП при существенном снижении затрат.

Программы: Павлидис В.Д., Чкалова М.В., Капустина О.А., Степанов А.А. Программа расчета характеристик случайного процесса в стохастической модели управляющей системы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022610446, 12.01.2022. Заявка № 2021681937 от 27.12.2021.

Капустина О.А., Тарасов А.Д., Антонова О.В. Программа распознавания геологических разломов по сейсмическим данным. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022663431, 14.07.2022. Заявка № 2022662752 от 30.06.2022.

Организация: **Отдел геоэкологии ОНЦ УрО РАН.**

## **22. Автоматизированная система контроля горного давления (АСКГД) «PROGNOZ-ADS»**

Краткая характеристика основных технических параметров:

АСКГД «PROGNOZ-ADS» разработана с применением современных цифровых технологий, программных и технических средств и предназначена для геомеханического мониторинга и оценки состояния природно-технических систем на основе непрерывной регистрации и обработки акустической эмиссии в режиме реального времени. Количество геофонов неограничено и может корректироваться в процессе эксплуатации АСКГД.

Сферы возможного применения: рудники, шахты и участки ведения подземных горных работ в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах.

Степень готовности разработки к практическому применению: АСКГД «PROGNOZ-ADS» в 2022 г. установлена на участке «Южный» подземного рудника 2-й «Советский» АО «ГМК «Дальполиметалл».

Технический и экономический эффект от внедрения: использование современной системы раннего мониторинга предвестников опасных геодинамических явлений и прогноза изменений геомеханического состояния массива горных пород позволяет заблаговременно разрабатывать профилактические мероприятия по снижению горного давления при разработке удароопасного месторождения для обеспечения безопасности и эффективности ведения горных работ.

Сравнение с известными разработками: существующие образцы аналогов микросейсмических и сейсмоакустических автоматизированных станций «GITS», «АСКСМ», «Релос-Л-16» и др. отличаются более низким рабочим диапазоном частот регистраторов (0,1-1000 Гц). При этом не регистрируются более слабые события (от первых Дж и выше), которые являются предвестниками опасных геодинамических явлений.

В АСКГД «Prognoz-ADS» реализованы аппаратные и программные решения, обеспечивающие возможность регистрации полезных сигналов в условиях действующего горнодобывающего предприятия, а

также эффективные алгоритмы определения местоположения и энергии регистрируемых САЭ-событий. АСКГД «Prognoz-ADS» обеспечивает возможность контролировать процесс формирования очагов опасных динамических явления от самых начальных стадий, что позволяет оперативно принять решения по их предотвращению.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки: авторское право на АСКГД «Prognoz-ADS» принадлежит Институту горного дела ДВО РАН - обособленному подразделению Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук. Специализированные программные средства в составе АСКГД «Prognoz-ADS» имеют свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Патент 129484 РФ, МПКО 10-04, 10-05. Автоматизированная сейсмоакустическая система контроля горного давления Prognoz-ADS / Рассказов И.Ю., Калинов Г.А., Аникин П.А., Мигунов Д.С. заявитель и патентообладатель Федеральное гос. бюджет. учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН. - № 2021500068; заявл. 02.03.2021; опубл. 25.01.2022, Бюл. № 2.

Организация: **ИГД ДВО РАН – подразделение ХФИЦ ДВО РАН**

### **23. Реагентный комплекс для подземного выщелачивания урана из упорных руд**

Краткая характеристика основных технических параметров: разработан и испытан на лабораторном стенде (Рис. 196) реагентный комплекс для подземного выщелачивания урана из упорных руд. Основу реагентного комплекса составляет метастабильная моноадугольная кислота, которая образуется в процессе обработки содовых растворов в проточных электрохимических реакторах. Метастабильная моноадугольная кислота диспропорционирует на перекись водорода, выполняющую роль окислителя, и угольную кислоту, выполняющую для урана функцию комплексообразователя. При выщелачивании предложенным раствором с высокой степенью селективности из руд извлекается уран в форме комплексных оксидно-карбонатных соединений, которые, в свою очередь, могут извлекаться из продуктивных растворов ионообменными смолами.

Сферы возможного применения: разработка относится к горнодобывающей промышленности и может быть использована для подземного (скважинного и блочного) выщелачивания урана и редкоземельных элементов из упорных руд.

Степень готовности разработки к практическому применению: предложенный комплекс экспериментально протестирован на стенде на крупнообъемных навесках пробы урановой руды гидрогенного месторождения со значительной долей в ней сложнорастворимых урансодержащих минералов - коффинита и уранофана.

Технический и экономический эффект от внедрения: разработанный реагентный комплекс позволяет обеспечить высокое извлечение урана из сложно растворимых урансодержащих минералов - коффинита и уранофана, при минимальной кольматации продуктивного пласта. Экспериментальный раствор позволил достичь 87-88-ми %-го извлечения урана в продуктивные растворы за 21 день. При этом использование контрольных серноокислотных и стандартных карбонатных (необработанных) растворов за тот же период времени обеспечивало его извлечение только в интервале 52-59 %. Расчетный эффект составляет не менее 200 руб/ кг добытого урана.

Сравнение с известными разработками: недостатками известных реагентных комплексов для извлечения урана из упорных руд (как серноокислотных, так и карбонатных) являются технологическая

необходимость использования дополнительных дорогостоящих окислителей, некоторые из которых, кроме того, инициируют растворение сопутствующих минералов и/или выделение газов, что приводит к заполнению порового пространства (коальматации) и как следствие низкому его извлечению

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки: подана и зарегистрирована заявка на выдачу патента на изобретение «Способ выщелачивания редкоземельных элементов». Заявитель: Федеральное гос. бюджет. учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН. Заявл. от 15.08.2022.

Организация: ИГД ДВО РАН – подразделение ХФИЦ ДВО РАН



Рис. 196. Стенд для моделирования скважинного выщелачивания

#### **24. Программа для расчета трубопроводов пароводяной смеси на геотермальных месторождениях SWIP-L**

Краткая характеристика основных технических параметров:

Данная программа реализует математическую модель SWIP и позволяет рассчитывать длинные трубопроводы пароводяной смеси (Рис. 197). Программа предполагает разбиение трубопровода на участки с характерной геометрией. В качестве исходных данных вводится энтальпия и расход смеси, начальное давление (на входе в трубопровод), диаметр трубопровода, а также на каждом участке: разность высот начальной и конечной точки, длина, суммарный коэффициент местных сопротивлений. Реализация модели осуществляется численным интегрированием уравнения движения с шагом по длине 0,1 м. В результате расчета получаем: паросодержание и рекомендуемый диаметр трубопровода в начальной точке, перепад давления и критерий устойчивости потока на каждом участке, суммарный (по всему трубопроводу) перепад давления и критерий устойчивости потока.

Сферы возможного применения:

Программа разработана для расчета трубопроводов пароводяной смеси при освоении высокотемпературных геотермальных месторождений и может быть использована как при проектировании системы сбора геотермального теплоносителя, так и при ее эксплуатации.

Степень готовности разработки к практическому применению:

Программа прошла апробацию на Мутновском месторождении парогидротерм (Камчатка) и готова

к практическому применению.

Технический и экономический эффект от внедрения:

Разработанная программа существенно сокращает объем работ при расчете трубопроводов для транспортировки добытого пароводяного теплоносителя на геотермальных месторождениях.

Сравнение с известными разработками:

Предшествующая программа SWIP-S ориентирована на короткие трубы, до 200 м (градиент давления в уравнении движения рассчитывался для одной узловой точки и считался неизменным на всем трубопроводе). При наличии длинных трубопроводов, в том числе без каких-либо изменений геометрии, необходимо было разбиение на отдельно рассчитываемые участки. Кроме того, программа SWIP-S обнаружила неудобство для исследовательских целей, требующих многовариантных расчетов одного трубопровода.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:

Шулюпин А.Н., Чермошнцева А.А., Чернев И.И., Варламова Н.Н. SWIP-L. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619598. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 24 мая 2022 г.

Организация: ИГД ДВО РАН – подразделение ХФИЦ ДВО РАН



Рис. 197. Трубопроводы пароводяной смеси на Мутновском месторождении (Камчатка)

## 25. Контейнер для защиты эмульсионного боевика

Краткая характеристика основных технических параметров:

Разработана полезная модель контейнера для защиты эмульсионного боевика (Рис. 198). Технический результат предлагаемого устройства заключается в повышении безопасности эмульсионного боевика за счет его защиты от возможных повреждений в процессе формирования скважинного заряда. Устройство используется для фиксации эмульсионного боевика в специальном корпусе по высоте и центру скважинного заряда при проведении взрывных работ на объектах добычи полезных ископаемых. С помощью данного устройства возможно осуществление прямого инициирования скважинного заряда, за счет чего достигается экономия средств инициирования (СИ), а также замена импортных неэлектрических средств инициирования (НСИ) и НСИ, содержащих в составе зарубежные материалы, на СИ Российского производства. Это напрямую влияет на положительный эффект импортозамещения в условиях кризиса и нестабильности в мире.

Сферы возможного применения:

Полезная модель относится к горнодобывающей промышленности и может быть использована для фиксации эмульсионного боевика в скважинах при проведении взрывных работ на объектах добычи полезных ископаемых.

Степень готовности разработки к практическому применению:

Устройство прошло апробацию на карьерах Дальневосточного региона и готова к практическому применению.

Технический и экономический эффект от внедрения:

Технический результат полезной модели подтверждает высокий уровень безопасности проведения взрывных работ при формировании эмульсионного боевика, защищенного корпусом во взрывной скважине. Данная конструкция обеспечивает повышение технологического уровня добычи полезного ископаемого, позволяет осуществить прямое инициирование при соответствующем повышении устойчивости детонации нижнего заряда, уменьшение энергозатрат и повышение уровня безопасности при производстве взрывных работ.

Сравнение с известными разработками:

Недостатками известных полезных моделей являются технологическая ненадежность при эксплуатации, определяемая недостаточно жестким креплением составных частей, а также исключением взаимозаменяемости деталей при поломке.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:

Полезная модель 214622 РФ, МПК F42D 1/08, МПК F42D 1/22. Контейнер для защиты эмульсионного боевика / Галимьянов Ал. А., Гевало К.В., Мишнев В. И., Хрунина Н. П., Корнеева С. И., Галимьянов Анд. А., заявитель и патентообладатель Федеральное гос. бюджет. учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН. - № 2022112846; заявл. 12.05.2022; опубл. 08.11.2022, Бюл. № 31.

Организация: ИГД ДВО РАН – подразделение ХФИЦ ДВО РАН

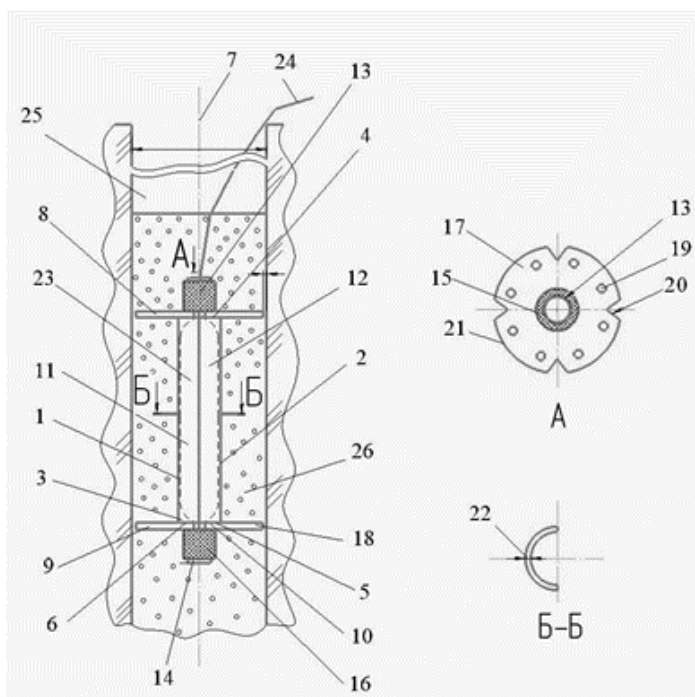


Рис. 198. Контейнер для защиты эмульсионного боевика. 1 – контейнер; 2 - защитный корпус; 3 -

полый цилиндр; 4, 5 - выступы; 6 - торец цилиндра; 7 - перпендикулярная ось; 8, 9 - центрирующие элементы; 10 - наружная сторона; 11, 12 - вертикальные части; 13, 14 - элементы меньшего радиуса; 15, 16 - упругие элементы; 17, 18 - диски; 19 - отверстия; 20 - пазы; 21 - периметр дисков; 22 - толщина стенок; 23 - эмульсионный боевик; 24 - ударно-волновая трубка; 25 - скважина; 26 - скважинный заряд

## **26. Устройство для дифференцирования скважинного заряда**

Краткая характеристика основных технических параметров:

Разработана полезная модель устройства для дифференцирования скважинного заряда (Рис. 199). Технический результат устройства для дифференцирования скважинного заряда заключается в обеспечении распределения взрывчатого вещества по длине скважины отдельными частями посредством формирования надежных перекрытий. Надежность перекрытия обуславливается универсальностью предлагаемой конструкции заряда применительно к сухим и обводненным скважинам, исключая возможность просыпания или протекания взрывчатого вещества в нижнюю часть скважины и произвольное опускание части заряда. С помощью данного устройства возможно осуществление прямого инициирования нижней части рассредоточенного скважинного заряда, за счет чего достигается экономия средств инициирования (СИ), а также замена импортных неэлектрических средств инициирования (НСИ) и НСИ, содержащих в составе зарубежные материалы, на СИ Российского производства. Это прямым образом влияет на положительный эффект импортозамещения в условиях кризиса и нестабильности в мире.

Сферы возможного применения:

Полезная модель относится к горнодобывающей промышленности и может быть использована при подготовке горной массы к выемке буровзрывным способом в процессе заряжания рассредоточенных скважинных зарядов.

Степень готовности разработки к практическому применению:

Технология прошла апробацию на карьерах Дальневосточного региона и готова к практическому применению.

Технический и экономический эффект от внедрения:

Технический результат полезной модели обеспечивает распределение взрывчатого вещества по длине скважины отдельными частями посредством формирования надежных перекрытий, обуславливаемых универсальностью предлагаемой конструкции заряда применительно к сухим и обводненным скважинам, исключая возможность просыпания или протекания взрывчатого вещества в нижнюю часть скважины и произвольное опускание части заряда. Конструкция полезной модели обеспечивает уменьшение энергозатрат и повышение уровня безопасности при производстве взрывных работ.

Сравнение с известными разработками:

Недостатками известных полезных моделей является трудоемкость комплектации, а также узкая область применения - исключительно для сухой части скважин.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:

Полезная модель 214666 РФ, МПК F42D 1/08, МПК F42D 1/18, МПК F42D 3/04. Контейнер для защиты эмульсионного боевика / Галимьянов Ал. А., Мишнев В. И., Гевало К. В., Хрунина Н. П., Корнеева С. И., Галимьянов Анд. А., заявитель и патентообладатель Федеральное гос. бюджет. учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН. - № 2022112111; заявл. 04.05.2022; опубл. 09.11.2022, Бюл. № 31.



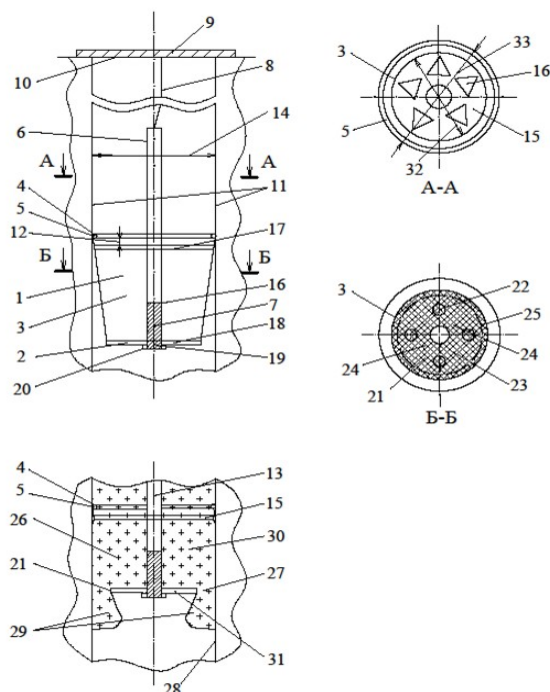


Рис. 199. Устройство для дифференцирования скважинного заряда. 1 - устройство для дифференцирования скважинного заряда; 2 - нижняя часть; 3 - эластичный чехол; 4 - верхняя часть; 5 - эластичное самозапирающееся кольцо; 6 - полая трубка; 7 - закрытый конец; 8 - вспомогательный шнур; 9 - перекладина; 10 - устье; 11 - стенки скважины; 12,13 - расстояние; 14 - диаметр; 15 - круглая пластина; 16 - отверстия; 17 - горизонтальное положение; 18 - нижняя часть; 19 - утяжелитель; 20 - распорный запор; 21 - основание; 22 - отверстия; 23 - сетка; 24 - отверстия; ; 25 - диаметр; 26 - взрывчатое вещество; 27 - зазор; 28 - стенки; 29 - пазухи; 30 - заряд; 31 - заданная отметка; 32 - диаметр; 33 - меньший диаметр.

## 27. Проект рекультивации нарушенных земель в результате хозяйственной деятельности горно-добывающих предприятий по добыче россыпной платины руч. Ледяной и руч. Левтыриновьям

Краткая характеристика научного результата:

Выполнена оценка объемов, состава работ по рекультивации и резерва (затрат) на рекультивацию земель, нарушенных в результате хозяйственной деятельности горно-добывающих предприятий по добыче россыпной платины руч. Ледяной и руч. Левтыриновьям. Выполнено экологическое и экономическое обоснование планируемых мероприятий и технических решений по рекультивации земель месторождений россыпной платины руч. Левтыриновьям и руч. Ледяной.

Сфера возможного применения: рекультивация земель месторождений россыпной платины.

Патенты РФ на изобретения, полученные работниками НИГТЦ ДВО РАН:

Федюк Р.С., Панарин И.И., Лисейцев Ю.Л., Потапов В.В. Бетонная смесь. Заявка на патент РФ на изобретение № 2022101832. Дата регистрации – 28.01.2022, дата положительного решения на выдачу патента – 01.08.2022.

Зеленков В.Н., Петриченко В.Н., Потапов В.В., Иванова М.И. Способ повышения урожайности огурцов нанокремнеземсодержащим составом. Патент РФ на изобретение № 2767614. Дата приоритета – 10.08.2021, дата госрегистрации – 18.03.2022.

Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Потапов В.В., Лапин А.В., Иванова М.И., Алексеева К.Л. Способ активации проращивания семян томата гидротермальным нанокремнеземом. Патент РФ на изобретение № 2767622. Дата приоритета – 10.08.2021, дата госрегистрации – 18.03.2022.

Зеленков В.Н., Петриченко В.Н., Потапов В.В., Иванова М.И. Способ повышения урожайности овощей нанокремнеземсодержащим составом. Патент РФ на изобретение № 2767625. Дата приоритета – 19.08.2021, дата госрегистрации – 24.03.2022.

Зеленков В.Н., Петриченко В.Н., Потапов В.В., Иванова М.И. Способ некорневой обработки яблонь нанокремнеземсодержащим составом. Патент РФ на изобретение № 2769704. Дата приоритета – 17.08.2021, дата госрегистрации – 24.03.2022.

Организация: **НИГТЦ ДВО РАН.**

## **28. Разработаны базы данных, систематизирующие территориальные нормированные показатели заболеваемости населения Камчатского края**

Краткая характеристика научного результата:

Базы данных содержат сведения о территориальных нормированных показателях общей и первичной заболеваемости по основным классам болезней, а также отдельно – группе социально-значимых заболеваний. Структура базы данных по основным классам болезней включает 58 параметров, по социально-значимым заболеваниям – 25 параметров. В базах данных предусмотрены возможности фильтра по атрибутам описаний и отбор результатов для создания отчетности, а также их использование в разработке интеллектуальных картографических, геоинформационных продуктов и программ ЭВМ.

Основная область применения: при проведении медико-географических, эпидемиологических, социально-гигиенических исследований, в организационно-управленческой и учебно-методической работе.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки: Свидетельства Роспатента о регистрации баз данных №2022623178 от 01.12.2022 г. «Территориальные нормированные показатели заболеваемости населения Камчатского края», №2022623221 от 05.12.2022 г. «Территориальные нормированные показатели по социально-значимым заболеваниям в Камчатском крае».

Организация: **ТИГ ДВО РАН.**

## **29. Базы данных по показателям социального здоровья населения г. Владивостока и Приморского края в период пандемии COVID-19, предназначенные для сбора, хранения, обработки информации о состоянии социального здоровья, уровня и качества жизни населения г. Владивостока и Приморского края в период пандемии COVID-19.**

Краткая характеристика научного результата: Разработаны базы данных по показателям социального здоровья населения г. Владивостока и Приморского края в период пандемии COVID-19, предназначенные для сбора, хранения, обработки информации о состоянии социального здоровья, уровня и качества жизни населения г. Владивостока и Приморского края в период пандемии COVID-19, для научных и практических исследований с целью выявления причинно-следственных связей, влияющих на субъективное восприятие своего самочувствия, здоровья, благополучия в данной жизненной ситуации, удовлетворенности своим качеством жизни в период пандемии COVID-19. Базы данных включают общие

социально-экономические данные, показатели социального здоровья населения г. Владивостока и Приморского края в период пандемии COVID-19. Каждая база данных включает 20 параметров, объединенные в три раздела: общие сведения, данные о пунктах социологического опроса (1 раздел); занятость, доходы населения (2 раздел); состояние здоровья/нездоровья, здоровый образ жизни и качество социальной среды в период пандемии COVID-19 (3 раздел).

Области возможного использования: Базы данных могут быть использованы специалистами в области социологии, географии, экономики и медицины.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки: Свидетельства Роспатента о регистрации баз данных №2022623156 от 29.11.2022 г. «Показатели социального здоровья населения г. Владивосток в период пандемии COVID-19», №2022623157 от 29.11.2022 г. «Показатели социального здоровья населения Приморского края в период пандемии COVID-19»).

Организация: **ТИГ ДВО РАН.**

### **30. Измеритель вариаций солености морской воды**

Краткая характеристика научного результата:

Разработка относится к устройствам для гидрофизических измерений и может быть использована для задач океанографии и контроля окружающей среды, в том числе для определения солености морской воды в натуральных условиях. Измеритель состоит из электронного блока и соединенных с ним двух цилиндрических полостей одинаковой длины, установленных на общем основании. Торцевые поверхности полостей снабжены расположенными напротив друг друга излучателем и приемником акустических импульсов. Одна из полостей изолирована от окружающей среды и снабжена эластичной мембраной, разделяющей окружающую среду и внутреннюю полость, а другая выполнена с отверстиями, соединяющими окружающую среду с внутренним объемом полости. Электронный блок включает микроконтроллер, генератор электрических импульсов, усилители мощности и блока питания (Рис. 200). Технический результат – исключение возникновения погрешности измерений, связанной с изменением параметров применяемых датчиков под действием изменчивости условий окружающей среды.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:

Разработка защищена п. РФ № 2764403 «Измеритель вариаций солености морской воды», авторы Ковалев С.Н., Лазарюк А.Ю. (опубл 17.01.2022).

Организация: **ТИГ ДВО РАН.**

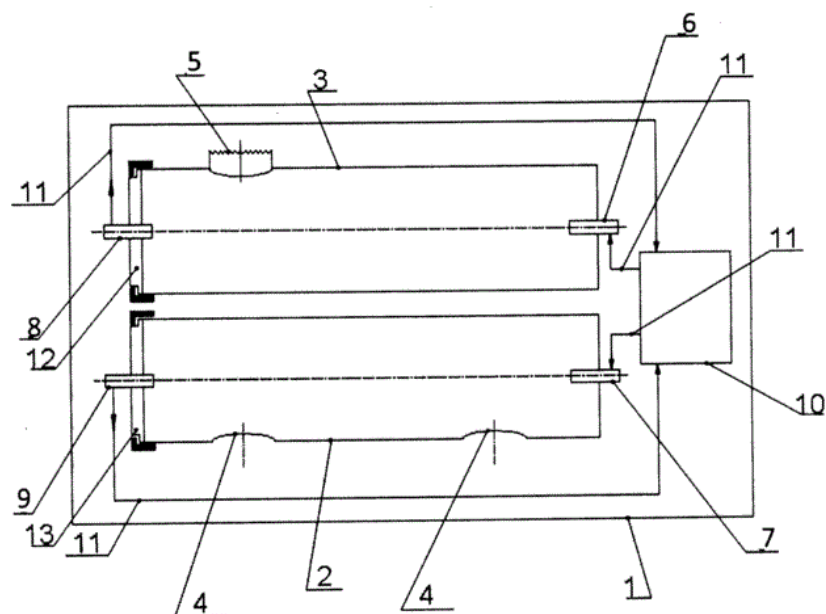


Рис. 200. Измеритель вариаций солености морской воды. 1 - общее основание; 2 - полость с отверстиями; 3 - полость с эластичной мембраной; 4 - отверстия; 5 - эластичная мембрана; 6, 7 - излучатели акустического импульса; 8, 9 - приемники акустического импульса; 10 - электронный блок; 11 - соединительный кабель; 12 - крышка полости 3; 13 - крышка полости 2.

### 31. Переносное устройство для системы автономных регистраторов гидрофизических параметров (Рис. 201)

Краткая характеристика научного результата:

Разработка относится к геофизическому оборудованию, переносному устройству для системы автономных регистраторов гидрофизических параметров, оборудованных системой оптической синхронизации, бесконтактным зарядным устройством и неконтактной системой включения/выключения, и может быть использована при проведении океанологических исследований. Устройство включает контейнер из радиопрозрачного материала, в котором установлены цилиндрические стаканы для размещения в них регистраторов. Контейнер снабжен крышкой с прозрачным окном, блоком неконтактной зарядки, а каждый стакан двумя пазами, на одном из которых закреплен постоянный магнит, что обеспечивает управление режимом работы регистраторов. Устройство позволяет осуществлять зарядку аккумуляторных батарей одновременно с комплектом установленных в нем регистраторов, оценивать степень заряда аккумуляторных батарей регистраторов, не извлекая регистраторы из контейнера, а радиопрозрачный материал корпуса контейнера позволяет осуществить считывание записанной информации с помощью системы Bluetooth.

Технический результат: значительное повышение технологичности использования системы гидрофизических регистраторов за счет упрощения и сокращения времени подготовки к работе и повышения эксплуатационных характеристик.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки:

Разработка защищена п. РФ № 2766830 «Переносное устройство для системы автономных регистраторов гидрофизических параметров», автор Ковалев С.Н. (опубл 16.03.2022).

Организация: **ТОИ ДВО РАН.**

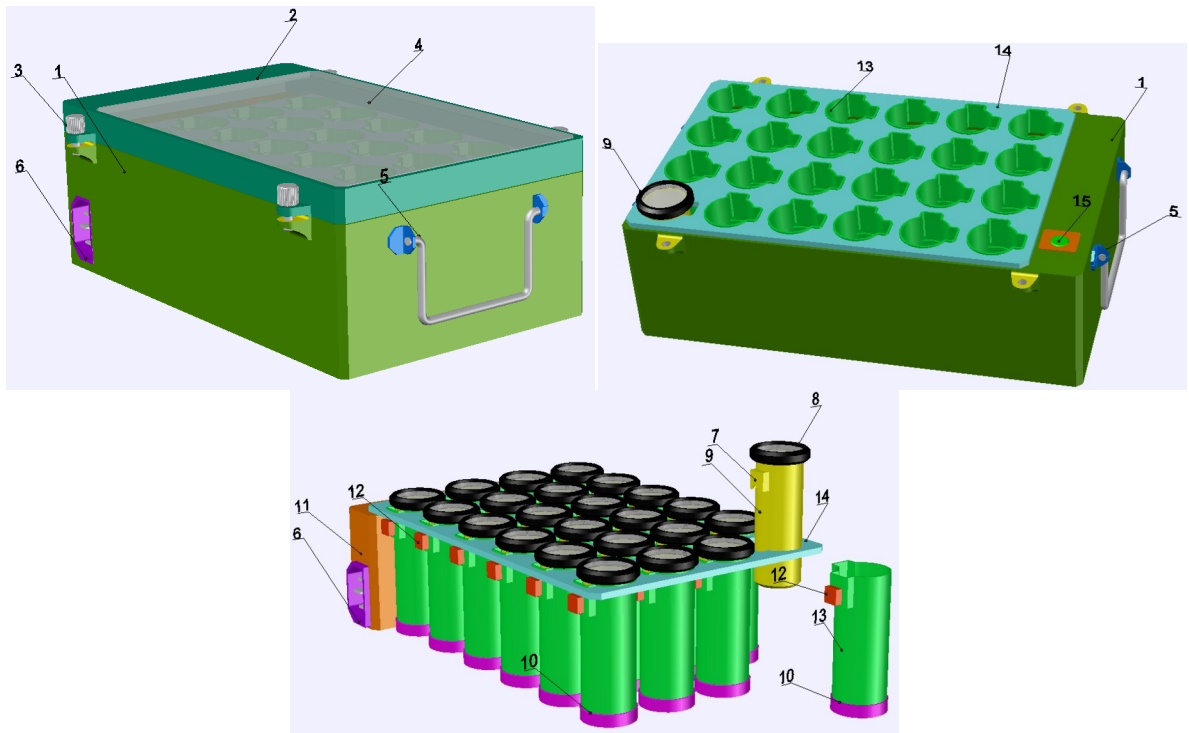


Рис. 201. Переносное устройство для системы автономных регистраторов гидрофизических параметров. 1 - контейнер; 2 - съемная крышка; 3 - винт крепления крышки к контейнеру; 4 - прозрачное окно крышки; 5 - ручка для транспортировки; 6 - разъем подключения кабеля; 7 - внешний карман корпуса регистратора; 8 - крышка регистратора с оптически прозрачным окном; 9 - автономный регистратор; 10 - катушка системы бесконтактной зарядки аккумулятора; 11 - блок системы бесконтактной зарядки аккумулятора; 12 - постоянный магнит; 13 - стакан из немагнитного материала с двумя пазами; 14 - панель корпуса; 15 - кнопка включения/ выключения зарядного устройства

### 32. Амфибийное транспортное средство (Рис. 202)

Краткая характеристика научного результата и основных технических параметров: Разработка относится к амфибийным транспортным средствам, используется как для достижения района проведения экспериментальных работ, так и для установки измерительной системы в нужной точки акватории, с последующим расположением на берегу в качестве берегового поста. Амфибийное транспортное средство содержит корпус, источник энергии, систему управления движением транспортного средства, колеса. Колеса включают обод и неподвижную втулку с полостью. В полости размещено выдвижное подводное крыло. Крыло установлено с возможностью вращения на закрепленной на краях полости оси и снабжено гребным электроприводом с датчиком угловой скорости. Крыло шарнирно соединено с линейным электроприводом. Один конец линейного электропривода закреплен на крыле, а другой - на втулке. Втулка снабжена датчиком угловой скорости обода колеса. Элементы подвески колеса шарнирно прикреплены к корпусу и к неподвижной втулке. На неподвижной втулке закреплены стойки с осями, на которые опирается обод колеса. Внутренняя поверхность обода колеса содержит венец с внутренними зубьями. Венец соединен с закрепленным на неподвижной втулке приводом вращения обода. Приводы электромоторов присоединены к закрепленному на втулке электронному блоку. Электронный блок соединен с датчиками угловой скорости обода колеса, датчиком угловой скорости электромотора гребного электропривода и датчиком угла

поворота подводного крыла вокруг оси.

Технический результат: снижение мощности гребных приводов для выхода аппарата на крыльевой режим, повышение проходимости при движении по суше, улучшение маневренных характеристик как на суше, так и на воде, повышение надежности эксплуатации.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки: Разработка защищена п. РФ № 2778403 «Амфибийное транспортное средство», автор Ковалев С.Н. (опубл 18.08.2022).

Организация: **ТОИ ДВО РАН.**

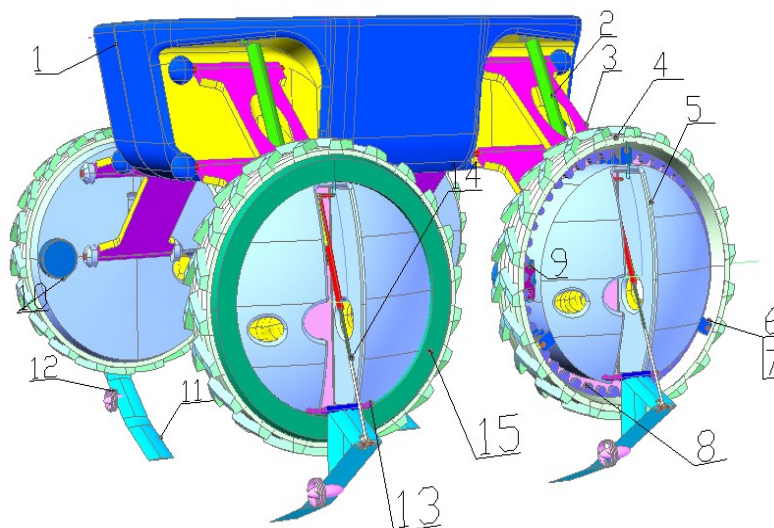


Рис. 202. Амфибийное транспортное средство. 1 - корпус; 2 - амортизатор подвески колеса; 3 - тяга подвески колеса; 4 - обод; 5 - неподвижная втулка; 6 - стойки с осями; 7 - ролики; 8 - зубчатый венец обода; 9 - зубчатая шестерня; 10 - привод вращения обода; 11 - подводное крыло в выпущенном положении; 12 - гребной электропривод; 13 - ось вращения подводного крыла; 14 - линейный электропривод выпуска крыла; 15 - грязезащитный уплотняющий диск

### 33. Система для отбора проб из водосборного устройства (Рис. 203)

Краткая характеристика научного результата и основных технических параметров: Разработка относится к устройствам отбора проб воды из батометров и может быть использована в газогеохимии, морской гидрохимии, гидробиологии, геоэкологии, где применяется метод, требующий обеспечения минимального контакта пробы с атмосферным воздухом. Система для отбора проб из водосборных устройств выполнена в виде двух соосно установленных одна в другой емкостей, оборудованных съемными крышками, при этом внешняя емкость выполнена с возможностью замены внутренней емкости, снабжена патрубком, расположенным на боковой поверхности выше уровня крышки внутренней емкости, и содержит переходной патрубок, к которому присоединена трубка, проходящая до основания внутренней емкости, при этом крышка внутренней емкости оборудована съемной сквозной иглой. Технический результат – расширение ассортимента систем для отбора проб из водосборных устройств, обеспечивающих исключение контакта отобранной пробы с воздухом и позволяющих при этом осуществлять отбор проб методом двойного перелива; повышение точности последующего анализа пробы. Предложенная система может быть применена для любого водоотборного устройства, отличается универсальностью, простотой как использования, так и конструкции.

Области возможного использования: в газогеохимии, морской гидрохимии, гидробиологии, геоэкологии.

Сведения о патентоспособности и патентной защите разработки: Разработка защищена патентом РФ на изобретение «Система для отбора проб из водосборного устройства», авторы Сырбу Н.С., Холмогоров А.О., заявка № 2022109973, приоритет 14.04.2022, решение о выдаче патента от 25.11.2022.

Организация: **ТОИ ДВО РАН.**

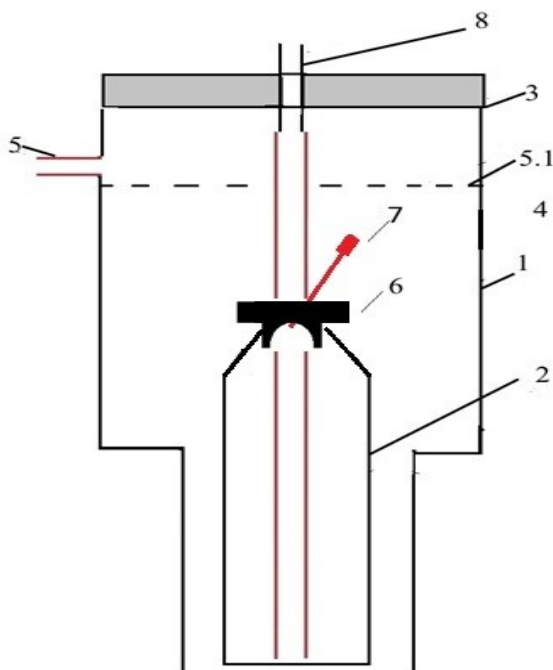


Рис. 203. Система для отбора проб из водосборного устройства. 1 – емкость внешняя; 2 – внутренняя емкость; 3 – крышка емкости 1; 4 – трубка; 5 – патрубок емкости 1; 5.1 – мерная риска; 6 – крышка емкости 2; 7 – полая игла; 8 – переходной патрубок

# Общественные науки

## Состояние фундаментальных исследований по общественным наукам

В настоящее время РФ является одним из центров геополитической интеграции, что предполагает приоритетность разрешения задач, связанных с повышением автономии, независимости и самодостаточности РФ как суверенного государства в экономической, политической, культурной и духовной сферах. Решение данной проблемы имеет как внешнее измерение, связанное с комплексным обеспечением безопасности страны, так и внутреннее, предполагающее поиск системных решений в области обеспечения общественного согласия, социальной интеграции и создания справедливой и привлекательной общественной модели.

### Философия

В рамках актуальных направлений *философии науки и техники* ведутся исследования, направленные на построение онтологической, гносеологической и аксиологической моделей взаимодействия и сопряжения социально-антропологической сферы и технико-технологической научной сферы развития техногенной цивилизации на фоне глобального цивилизационного кризиса. Выявлен генезис и построены новые деятельностные онтологии научного эксперимента и структура обобщенной научной рациональности, основания таксономии научных сообществ. Показано, что ответом на вызовы эпохи антропоцена и искусственного интеллекта должно явиться новое, эволюционно и экологически ориентированное человекомерное мышление в духе постнеклассической рациональности академика В.С. Степина – «мышление-вместе-со-сложностью», ориентированное на конвергенцию современного технонаучного и социогуманитарного знания. Проведен философский анализ путей эволюции современного человека и человека будущего, которого часто называют цифровым, информационным человеком или e-homo (электронным человеком). Сформировано понимание, какие направления его эволюции перспективны, а какие опасны и ведут к дегуманизации.

В области *теории познания, философии творчества, социальной эпистемологии и логики* ведутся исследования классических эпистемологических проблем и тех изменений, которые происходят с современной эпистемологией и объектами ее исследований под влиянием развития когнитивных наук и все более широкого внедрения цифровых технологий. Показано, что глобальная цифровизация содержит в себе социальные риски, связанные с развитием и внедрением систем искусственного интеллекта (проблема доверенного ИИ, перспективы создания ОИИ и др.), спецификой цифровых коммуникаций и др. Продемонстрирована возможность понимания логики как онтологической дисциплины, изучающей идеальную сторону бытия. Показано, что позиция реализма важна не только для решения ряда эпистемологических проблем, связанных с современной ситуацией радикального разрыва между познающим субъектом и реальностью, но и для успешного диалога между разными социальными группами.

Работа в области *социальной и политической философии* сосредоточена на философско-исторических и цивилизационных исследованиях, ставящих своей целью выработать общетеоретические концепции всемирно-исторического процесса и специфического места в нем российского пути цивилизационного развития.

В области *философской антропологии и наук о человеке* на передний план выходят исследования, ориентированные на междисциплинарные стратегии как социогуманитарных, так и естественных наук. Конструкция «целостного человека» как основание для эпистемологического единства гуманитарного знания приводит к пониманию ценности междисциплинарной проективности как целей, действий и



ориентированности на результат. Развитие наук о человеке все более связываются с развитием современной когнитивистики, биомедицины, биоэтики, технонаук.

Исследования в области *этики, эстетики, философии религии* направлены на прояснение когнитивной составляющей нормативных суждений и ценностного сознания, определение роли этико-нормативного фактора социальной деятельности на основе новейших научных данных о человеке. Сформулирована идея, согласно которой мораль и наука, хотя они и обладают относительной самостоятельностью в качестве предметных областей и отвечают на разные вопросы (первая на вопрос «Что я могу знать?», а вторая на вопрос «Что я должен делать?»), тем не менее, внутренне связаны между собой и зависимы друг от друга в качестве аспектов человеческой деятельности. В рамках такой логики, которая задаётся пониманием бытия как общественной практики, само производство истинных знаний выступает как выражение и продолжение нравственной ответственности тех индивидов (личностей), которые его производят. Концептуализируется проблема трансформации предмета эстетики в условиях технологического развития массового общества и расширенного понимания экологии. Продолжается изучение истории отечественной религиозной мысли, дополненное обращением к исламской традиции в рамках культурного многообразия народов России.

*Историко-философские исследования* традиционно составляют сильную сторону отечественных философских исследований. Такие исследования выделены институционально (отделы и сектора в институтах, кафедры на факультетах с соответствующими названиями), а кроме того, проводятся многими, если не всеми, философами как необходимая подготовительная часть их конкретной исследовательской работы. Лучше прочих по понятным историческим причинам исследована история европейской философии. В отечественных исследованиях в существенно меньшем объеме, но уже представлены крупнейшие неевропейские философские традиции: арабо-мусульманская, индийская, китайская (а также вьетнамская, японская и др.).

### **Политология**

Исследования в области политических наук в РФ отражают потребности страны в экспертно-аналитическом сопровождении, идейном и ценностном обосновании процессов социально-политического развития с учетом современных геополитических реалий, обострения геополитического противостояния в мировом масштабе, эскалации международной напряженности, эрозии структур, обеспечивающих мировой порядок и стабильность.

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 РФ во внешних пространствах актуализирует исследования в области повышения эффективности идентитарной политики РФ 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.

В целом, политическая наука переживает период адаптации к новой российской внутриполитической реальности.

Одной из наиболее динамично развивающихся является область изучения советского опыта в разных его проявлениях. Многие стороны советской действительности (идеология, философия, искусство,

наука, повседневная жизнь и др.) выступают в качестве предмета отдельных гуманитарных дисциплин (политической философии, политологии, социологии, истории, культурологии, искусствоведения и т. д.).

Кроме того, характерной особенностью последних лет выступает уточнение и диверсификация многих базовых понятий, используемых в исследованиях советского опыта – таких, как «сталинизм», «оттепель», «застой». Исследователи постепенно избавляются от сложившихся и расхожих, однако не вполне адекватных исторической реальности стереотипных представлений в пользу более сложных и более точно отражающих советскую действительность понятий, показывают сложность и неоднородность традиционно выделяемых в советской истории периодов, изменения социально-экономического и политического контекста, приводящих, в свою очередь, к смене внутрикультурных трендов внутри исторических периодов.

Особенную важность приобретает изучение гражданско-патриотического советского дискурса – его цели, зарождение, трансформации в течение разных исторических периодов, его роль в воспитании граждан и формировании нужного для государства типа гражданина.

### **Социология**

В области социологии проводятся обширные и разноплановые фундаментальные и прикладные исследования, направленные на выявление основных тенденций развития социальной сферы и изменения жизни общества в целом. Все более востребованными направлениями исследований в области общественных наук становятся: политика идентичности, строительство нации, сетевые технологии социальной и политической мобилизации, урбанистика, профилактика экстремизма и терроризма, протестный активизм граждан, проблемы демографии и миграции. Многие научные изыскания российских социологов и политологов имеют характер лонгитюдных и мониторинговых исследований, они направлены на выявление долгосрочных тенденций развития различных аспектов российского общества. Эти исследования направлены на: измерение развитости государственно-гражданского самосознания; выявление ежегодной динамики изменения в ожиданиях, надеждах и тревогах россиян; восприятие общественностью проблемы бытовой и деловой коррупции и др. Предметом исследований становятся не только массовое мнение наших сограждан по самым разным актуальным общественно-политическим вопросам, но и само полиэтничное российское общество в разрезе пространственных, социально-экономических, возрастно-половых и других характеристик. Нарастание уже выявленных и появление новых вызовов и угроз национальной безопасности Российской Федерации актуализирует проведение не только фундаментальных, но и прикладных социологических и политологических исследований, направленных на изучение региональных аспектов обеспечения национальной безопасности; анализ проблем в сфере гармонизации межэтнических отношений в отдельных регионах России; исследование содержания и динамики религиозного самосознания российской молодежи; изучение актуальных проблем в сфере государственно-конфессиональных отношений.

Российская наука сталкивается в последнее время с рядом серьезных внутренних и внешних вызовов. В текущей ситуации особую остроту приобрел вопрос воспроизводства кадров в образовании и науке, который находится под влиянием нескольких взаимосвязанных факторов. Большое значение имеет уровень оплаты труда ученых. Подвижки в этом отношении есть, но они недостаточны для того, чтобы побуждать молодых людей делать выбор в пользу науки, где получение необходимой квалификации занимает многие годы, а уровень оплаты труда ниже, чем у рядовых сотрудников частных компаний, не обремененных избытком знаний. Приток молодых кадров в науку затруднен и в силу сложностей с получением доступа к современному оборудованию, возможностью проводить исследования на

современном уровне.

Негативное влияние оказывает на процесс воспроизводства реформа научной аспирантуры, преобразованной в очередную ступень образования. По данным статистики, в настоящее время аспирантуру заканчивают только 8% всех аспирантов, а диссертацию защищают около 1%. Это приводит к тому, что приток молодых ученых, имеющих опыт участия в научных проектах, существенно замедлился, а средний возраст ученых высшей квалификации увеличился.

### **Право**

В области права важнейшими направлениями научных исследований являлись вопросы:

- концептуальных проблем российской государственности на современном этапе цивилизационного развития;

- уголовно-правовых и криминологических исследований, теоретических основ формирования и функционирования уголовно-правовых запретов, уголовной политики, современной теории борьбы с преступностью, ее планирования, прогнозирования и профилактики, конституционных основ и эффективности правосудия;

- трансформации парадигмы права в условиях цифровой экономики и глобальных изменений характера международных отношений;

- обеспечения прав и свобод человека и гражданина в современном мире; взаимодействия личности, общества и государства;

- создания комфортной правовой среды для технологического лидерства Российской Федерации, дальнейшего развития предпринимательского права, нормативно-правовое регулирование применения цифровых платформ и промышленного интернета;

- развития и совершенствования уголовно-правовой политики, в том числе влияния цифровых технологий на формирование криминологического статуса общества, отдельных социальных групп и личности, альтернативных систем социального реагирования, направленных на профилактику и пресечение преступного поведения в обществе;

- правового регулирования вопросов международной и национальной информационной безопасности, развития робототехники, формирование правового статуса искусственного интеллекта;

- правовых пробелов и коллизий административного законодательства, совершенствования правового регулирования в целях оптимизации административно-правовых форм и методов деятельности органов исполнительной власти, поиска оптимального соотношения контрольной и надзорной деятельности государственного управления;

- развития правовых основ внедрения экологически чистых (наилучших доступных) технологий в энергетической сфере; рационального природопользования как элемента обеспечения экологической и продовольственной безопасности страны и др.

Особое внимание уделено формированию научных концепций, связанных с трансформацией социально-экономических отношений в результате поэтапной цифровизации; защите прав человека в контексте формирования наднациональных правовых систем, конституционализации правового регулирования и развития новых технологий; современным формам и методам административного регулирования основ экономической деятельности в Российской Федерации; поискам оптимальной модели уголовной политики, позволяющей успешно противодействовать современной преступности, ее новым видам и формам; правовому наследию и роли Нюрнбергского процесса, а также последующих международных трибуналов в формировании современного миропорядка, консолидирующего позиции

российского и международного сообществ в оценке преступлений против человечества, внедрению в научный оборот и правоприменительную практику научных результатов и историко-документальных материалов этих исследований.

Разработана ставшая основой перспективного направления фундаментальных междисциплинарных исследований правовая теория трансформации исторических, гуманитарных и социокультурных факторов и условий развития современных государств и принципов их взаимоотношений.

В современных условиях наращивалось научное и правовое обеспечение деятельности военной организации государства.

Активно развивались исследования трансформации и сближения форм международного и внутригосударственного права.

Анализировалось современное состояние, динамика и структура преступности, в том числе транснациональной организованной преступности, изучался характер внешних и внутренних угроз стабильности законности и правопорядка. Исследовались потребности и возможности практики противодействия преступности в интересах национальной и международной безопасности, выявлялись несовершенства законодательной и правоприменительной деятельности.

Развиваются также фундаментальные и прикладные исследования междисциплинарного характера, в том числе в области правового регулирования вопросов международной информационной безопасности, развития робототехники, формирования правового статуса искусственного интеллекта и др.

Дальнейшее развитие получили исследования по формированию и осуществлению экологического права.

### **Психология**

Исследования в области психологии были направлены на комплексное рассмотрение наиболее актуальных, фундаментальных проблем психологической науки, выявление современных тенденций ее развития в контексте общей системы естественнонаучного и социогуманитарного знания.

Изучена динамика массовых индивидуальных и коллективных эмоциональных состояний в условиях переживания трудноконтролируемой угрозы.

Проведены исследования ценностно-смысловой регуляции профессионального взаимодействия в условиях организационных вызовов. Особое внимание уделено фундаментальным вызовам современности, которые стоят перед психологией труда и организационной психологией: ценностной аннигиляции (обесцениванию труда, человека и мира в целом), цифровизации и пандемии COVID-19.

Выполнены исследования роли общей и профессиональной жизнеспособности в регуляции профессионального взаимодействия в современных условиях.

Обоснован задачно-ориентированный характер математической модели принятия решения и уверенности как его интраиндивидуальной детерминанты в сенсорно-перцептивных процессах на основе механизма байесовского вероятностного прогнозирования, теорий функциональной системы, обнаружения сигнала, случайных блужданий, векторного кодирования сигналов в сенсорном пространстве.

Разработан программно-аппаратный комплекс для реализации интерактивной задачи слежение за звуковыми объектами, позволяющий различным образом моделировать звуковое пространство.

В результате анализа современных направлений развития российской и зарубежной математической психологии выявлено развитие новых направлений моделирования реального мира, предпринимательства, сознания (объединение пространства и времени в сознании), поведения клиента в процессе терапии.

Сформировано представление о психологической структуре дискурса, связанного с

информационными технологиями, образованием социальных сетей и интернет-сообществ.

Информативны данные проведенного агент-ориентированного моделирования процессов воздействия в больших социальных группах.

Установлена значимая положительная связь духовных способностей человека (моральный компонент) с мерой выраженности общечеловеческих ценностей справедливости, мужества, умеренности, мудрости, альтруизма и с субъективным благополучием. Показано, что с ростом духовных способностей человека снижается мера выраженности таких личностных качеств как маккиавелизм и психопатия.

Разработка проблемы Совладающего Интеллекта как функции эффективности Стресс-Совладающей системы (SCS) может позволить обеспечить раннее выявление рисков того или иного конкретного случая заболевания у пациента под влиянием неконгруэнтной нагрузки и оказание ему оптимальной медицинской помощи.

Введено понятие «установка на эмпатию», под которым подразумевается установка человека на понимание и разделение эмоционального состояния другого человека, и которая отличается от способности к эмпатии как таковой.

Осуществлена проверка гипотезы о наличии или отсутствии взаимосвязи саморегуляции поведения и стабильности установок личности (адаптированная «Шкала стабильности установок личности»).

Показано, что музыкальная вовлеченность может играть значимую роль в прогнозе успеваемости и в развитии кристаллизованного опыта.

Обнаружен феномен негативной мотивации в целом просоциальной солидарности.

Выявлены некоторые системообразующие факторы и психологические механизмы, определяющие связь между закономерностями онтогенеза и субъектогенеза.

Проведен психолого-исторический анализ *самоопределения* российских предпринимателей 1990-2010 гг., который показал, что в данный исторический период сформировалась новая социальная общность, характеризующаяся как социально-экономическими атрибутами, так и своим характерным для России менталитетом.

В 2022 году проведено исследование современных БСГ – *сетевых сообществ*. Доказано, что сетевые сообщества сами по себе могут способствовать мобилизации больших групп людей и синхронизации их действий в реальном времени. Эта работа может стать началом пролонгированного психолого-исторического исследования протестных настроений в России.

### **Экономика**

Первые два десятилетия XXI века прошли в условиях системного кризиса или поликризиса (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. Также возросло внимание к фундаментальным основам и актуальным процессам трансформационной экономики, связанным как со стремительным развитием технологий и четвертой промышленной революцией, так и изменением мирохозяйственного порядка в условиях геополитического и геоэкономического кризиса. Экосистемный подход становится одним из ключевых в исследовании проблем сохранения окружающей среды, реализации социальной политики и эффективного управления экономикой. Развитие цифровизации и растущий потенциал формирования больших данных в экономической науке и управлении хозяйственными системами стимулировали важные изменения не только в инструментарии, но и в самой парадигме экономических исследований.

Ключевые направления развития российской экономической науки связаны с реализацией приоритетов стратегии научно-технологического развития, повышением социальной значимости экономических решений, ростом эффективности пространственной организации экономики.

Фундаментальные исследования в области *экономической теории* создали необходимую базу для теоретического анализа эволюции патерналистского государства в сравнении с альтернативными подходами, связанными с концепциями рыночного саморегулирования, камералистикой, теорией общего равновесия, мериторным и новым патернализмом, а также философией «спонтанного порядка». Выполненные исследования процессов трансформации патерналистского государства, с присущими ему рисками искажения общественного выбора, обусловили выделение основных этапов его эволюции и описание защитных механизмов социума, опирающихся на развитие гражданского общества с его демократическими институтами, включая институты самоорганизации и самоуправления.

Новой в данном контексте стала разработка основных принципов создания специальной теории гуманитарного сектора экономики патерналистского государства, в соответствии с которой могут быть определены объективные основания бюджетного финансирования производства и потребления товаров и услуг в сферах науки, образования, культуры и здравоохранения с учетом особенностей каждого вида деятельности и их влияния на формирование различных элементов человеческого капитала.

В области *макрэкономки* особую актуальность приобрели исследования, посвященные устойчивости российской экономики и эффективности экономической политики к внешним шокам, в том числе в среднесрочной перспективе – к пандемии коронавируса и ее последствиям, а также к беспрецедентным финансовым, технологическим и торговым санкциям, введенным западными странами в отношении России в 2022 г. Одним из приоритетных направлений исследований стали анализ и оценка потенциала и ограничений стратегии импортозамещения, технологического и экономического суверенитета страны, ее финансовой устойчивости. Существенные изменения условий функционирования экономики предъявили новые требования к экономико-математическому моделированию и прогнозированию развития отечественного хозяйственного комплекса, которые были учтены внесением необходимых корректив в инструментарий и интерпретацию расчетов.

Разработана методика оценки уровня инфляции в экономике России, основанная на использовании агрегированных (интегральных) индексов инфляции, характеризующих динамику деловых процессов в основных сферах национального хозяйства. Агрегированный индекс инфляции может быть использован как целевой показатель инфляции при определении ключевой ставки Банка России, пенсий, прожиточного минимума, минимального размера оплаты труда и ряда других макропоказателей стратегического развития.

В ряде исследований значительное внимание уделялось возможностям внедрения элементов мобилизационной экономики, опирающейся на координацию совместных усилий государства, частного бизнеса и общества. Реализация такого курса прежде всего предполагает повышение качества стратегического управления экономическим развитием на основе формирования отлаженной *эффективной системы стратегического планирования и прогнозирования*, включая оценку рисков (последствий реализации) проектов решений, механизма согласования отраслевых, частных и региональных интересов как за счет совершенствования методологических подходов к организации этого процесса, так и за счет системы мер государственной политики в этой области.

Исследования тенденций и проблем в области *воспроизводства национального человеческого потенциала* позволили выделить ключевые вызовы, эффективные ответы на который уже в среднесрочной перспективе должны обеспечить условия для его сохранения и развития. В их числе демографический

вызов, проявляющийся в старении и ухудшении состояния здоровья населения, в том числе психического; и технологический вызов – ускоренное развитие технологий, требующее от людей столь же быстрого развития собственных адаптационных возможностей для успешной самореализации как в сфере труда, так и в других сферах жизнедеятельности (потребления, досуга, социальных взаимодействий), что является принципиально новым требованием к качеству человеческого потенциала.

Среди ключевых направлений исследований проблематики *внешней торговли* следует выделить всесторонний анализ воздействия санкционного режима против России на конъюнктуру мировых товарных рынков, российский экспорт и импорт, а также механизмов противодействия санкционному давлению. Важным направлением исследований в рамках изменившейся модели экономического взаимодействия России с внешним миром является комплексная *оценка значимости участия России в процессах региональной и трансрегиональной интеграции и влияния этих процессов на соседние с ней государства*.

**В области прогнозирования** разработкой комплексных долгосрочных прогнозов социально-экономического развития России занимаются аналитические структуры Минэкономразвития России и ВЭБ РФ, а также институты Российской академии наук (Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (Новосибирск) и др.). Краткосрочные и среднесрочные прогнозы социально-экономического развития страны осуществляют аналитические структуры Банка России и Министерство финансов, но при этом их прогнозы имеют, как правило, горизонт.

Прогнозами развития отдельных сфер и комплексов, регионов страны, а также направлений развития занимаются отраслевые научно-исследовательские институты и аналитические центры министерств и ведомств (Минпромторг РФ, Минсельхоз РФ, Минтранс РФ и др.), региональные администрации, крупные корпорации.

При разработке упомянутых прогнозов используются различные подходы, в том числе основанные на экспертных оценках, методах математической статистики, системах линейных уравнений (межотраслевых балансах) и других экономико-математических методах.

В последние годы методология и инструментарий прогнозирования социально-экономического развития активно развиваются в институтах РАН, в первую очередь за счет учета в моделях прогнозирования социальной динамики, оценки и прогнозирования качества жизни населения, а также учета эколого-климатических факторов и разработки комплексных оценок и прогнозов прогресса и потенциала реализации в Российской Федерации повестки устойчивого развития. Этим ключевым темам посвящена серия специальных докладов, а также фундаментальная коллективная монография ИМП РАН, получивших высокую оценку научно-экспертного сообщества России. При этом особое внимание уделяется анализу и оценке климатических рисков населению и экономике страны, разработке сценариев и модельным расчетам параметров долгосрочного социально-экономического развития России с низким уровнем эмиссии парниковых газов в рамках реализации Федеральной научно-технической программы (ФНТП) в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021 - 2030 годы и Важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) по созданию единой государственной системы мониторинга климатически активных веществ.<sup>3</sup> В этом проекте активно задействован междисциплинарный подход, использующий потенциал не только ученых-экономистов ООН

---

<sup>3</sup> Утверждены, соответственно, Постановлением Правительства РФ от 8 февраля 2022 г. № 133 и Распоряжением Правительства РФ от 02 сентября 2022 №2515-р.

РАН, но и институтов других отделений Академии (ОЭМ, ОГПМО, СО РАН).

Развитие аппарата прогнозирования также направлено на адаптацию модельного инструментария к резким изменениям внешнеэкономических условий (включая учет влияния пандемии COVID-19, внешнеэкономических торговых ограничений со стороны недружественных России стран), ведущих, в частности, к резким колебаниям международной рыночной конъюнктуры, закрытию части рынков для российских производителей, структурным изменениям в торговых потоках и производственных цепочках.

Одной из основных задач организации прогнозных исследований и использования их результатов в экономической политике государства, практической работе ключевых ведомств его экономического блока, а также крупнейших корпораций является эффективная интеграция усилий (включая использование передовых методик прогнозирования, междисциплинарного и межорганизационного подхода) ведущих аналитических центров и специалистов страны в рамках Научно-координационного совета РАН по социально-экономическому прогнозированию, который был возрожден в 2022 и провел значительную и полезную работу.

Прогнозы социально-экономического развития рассматриваются, в первую очередь, в качестве инструмента разработки и анализа эффективности стратегий социально-экономического развития и мер экономической политики (в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе), в том числе для обоснования ожидаемых позитивных и негативных эффектов различных вариантов экономической политики (с учетом ожидаемых внешних и внутренних условий развития, финансовых, кадровых, экологических и др. ресурсных ограничений).

С этой точки зрения методики и технологии прогнозирования, применяемые в России, вполне эффективны, поскольку они базируются на методологии сценарного анализа, учитывают широкий спектр факторов социально-экономического развития и прошли успешную апробацию на международном уровне.

**В области экономико-математических методов и моделей** в первую очередь выделяются следующие направления.

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.

Дальнейшее развитие получили теоретические исследования и разработка компьютерно-математического инструментария для анализа и выработки предложений по повышению качества управления социально-экономическими системами.

Разработка новых моделей, в том числе дискретных динамических игровых моделей для формирования конкурентной среды и исследования рынков высокотехнологичных продуктов, энергетических и других ресурсов в условиях санкций; модели формирования общественного мнения; динамических моделей управляемых экономических процессов, в том числе моделей оптимизации параметров концессионных соглашений и других. Проведены исследования механизмов управления экономическими процессами и минимизации риска, разработаны динамические модели 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, теоретическая и прикладная эконометрика и модельные эксперименты в экономике, разработка принципов формирования системы крупномасштабных проектов модернизации экономики и дальнейшее развитие методов математической социологии; разработка теоретических и методологических основ, математического и



эконометрического инструментария для исследования и моделирования качества и образа жизни населения на уровне регионов и экономики в целом, совершенствование методов определения и обоснования приоритетных направлений развития региональной экономики, изменения ее структуры и сложности, повышения человеческого капитала, качества жизни, темпов экономического роста, совершенствования рынков труда, механизмов распространения знаний и кооперации научных исследований.

Решались задачи импортозамещения на этапе реиндустриализации, цифровизации экономики и осуществления четвертой промышленной революции, актуальны разработки экономико-математических методов и моделей для исследования развития отраслей повышенного спроса на знания (отрасли наукоемкого сектора экономики и высокие технологии), а также для выявления, анализа и оптимизации влияния макро- и микроэкономических факторов на экономический рост и инновационное развитие (в первую очередь фискальной и денежно-кредитной политики, неравенства доходов и др.), а также разработка моделей для анализа и прогнозирования технико-экономических показателей высоких технологий. Важными являются исследования проблем регионального развития, рисков и угроз значительного неравенства доходов, территориального неравенства для национальной безопасности и территориальной целостности страны; обоснование приоритетов государственной научно-технологической, инновационной и экономической политики; разработка рекомендаций по обеспечению экономической, научно-технологической и национальной безопасности в условиях возрастания кибернетических, биологических и других угроз, усиления глобальной нестабильности и введения санкций со стороны недружественных государств.

Происходит тесное сотрудничество науки в области экономики и права с использованием современных инструментов, позволяющих анализировать финансовую и патентную информацию. Также идет теоретическое осмысление цифровой реальности, в том числе разработка теории оценки цифровых продуктов, знаний, интеллектуальных активов и бизнеса, методов и инструментов для проведения практических измерений и стоимостных оценок в экономике знаний и цифровой экономике, а также разработка методов моделирования сделок в цифровой экономике, спроса на знания, цифровые продукты.

Получают развитие работы по созданию единой системной многоуровневой теории и моделей эволюции функционирования и взаимодействия социально-экономических объектов на всех уровнях экономики, а также влияния новых технологий на экономические институты, обеспечивающие как взаимодействие государства и бизнеса, так и взаимную координацию деятельности фирм.

**В области пространственной экономики.** Пространственная экономика интегрирует области исследований, затрагивающие различные аспекты пространственных измерений экономической и социальной активности: регионы и региональные системы, формы хозяйства и расселения; сети и инфраструктура, поддерживающие пространственные связи; городская экономика и урбанистика, проблемы пространственного неравенства и мобильности населения и факторов роста. Пространственная экономика опирается на аппарат и методологию экономической теории, экономической географии, математической экономики, институциональной экономики, социологии и демографии. Интегрированный подход позволил получить качественно новые результаты, включающие пространственные модели общего равновесия, региональные модели эндогенного роста, теорию агломерационной экономики, теорию региональных кластеров, модели развития города и городских систем, GIS-анализ, пространственную эконометрику, пространственный институционализм и др.

Исследования по пространственной экономике в Российской Федерации определяются общими тенденциями развития экономической науки в целом и её инструментальным аппаратом, специализациями

научных школ разных институтов и центров, а также потребностями социально-экономической политики страны, в том числе конкретизированными в соответствующих запросах правительственных и государственных организаций, межрегиональных и профильных ассоциаций, отдельных корпораций и крупных предприятий.

Одним из главных трендов последних лет, получившим в 2022 г. дополнительный мощный импульс в связи геополитическим и геоэкономическим кризисом, включая санкционную экономическую войну Запада против России, является усиление восточного вектора развития отечественной экономики, направленный на подъем Сибири и Дальнего Востока и развития взаимодействия с дружественными государствами Азиатского региона. В рамках этого научного направления в 2020-2022 гг. был реализован крупнейший междисциплинарный исследовательский проект «Социально-экономическое развитие Азиатской России на основе синергии транспортной доступности, системных знаний о природно-ресурсном потенциале, расширяющегося пространства межрегиональных взаимодействий» (так называемый мегагрант Минобрнауки России) и продолжается дальнейшая интеграция пространственных исследований, которая заключается не только в расширении предметной области исследований, но и в привлечении методологии точных, естественных и гуманитарных наук, в формировании междисциплинарных баз данных большого объема, привлечении технологии космического и геоинформационного мониторинга и сбора данных.

В связи с глобализацией всех процессов актуальными являются вопросы интеграции с мировым экономическим и социальным пространством, исследования внешнеэкономических и внешнеполитических факторов пространственного развития отдельных регионов, производственных кластеров и страны в целом. Инновационное развитие и информационные технологии формируют научную повестку проблем пространственной диффузии знаний и инноваций, модернизации технологий освоения пространства, инфраструктуры пространственной связности и жизнеобеспечения населения. Остаются в фокусе внимания вопросы различий в уровне и динамике развития территорий, сохранения и увеличения пространственного неравенства, межрегиональной интеграции и формирования конкурентоспособного пространства, поиска драйверов и источников развития периферии и депрессивных регионов, а также исследования урбанистической системы и тенденций её развития, роли городских агломераций, малых и средних городов в экономическом и социальном развитии страны, взаимодействие сельских и городских населенных пунктов.

### **Прогноз развития в области общественных наук в Российской Федерации**

В новых экономических и геополитических условиях общественные науки должны будут решить задачу конвертации фундаментальных знаний об актуальном российском обществе в активный ресурс социального строительства, имеющего не только национальные, но и глобальные проекции; консолидации глобального российского социума, разработки ценностных оснований консолидации российской идентичности перед лицом глобальных вызовов.

Организационно развитие на данном направлении будет определяться необходимостью интеграции и междисциплинарного диалога как внутри общественных наук (политологии, социологии, права, экономики), так и с другими прикладными науками, прежде всего в связи с цифровизацией сбора, увеличения номенклатуры и объема обрабатываемых данных.

### **Философия**

В области *философии науки и техники* общий вектор развития философских исследований будет определяться растущей синергичной конвергенцией социогуманитарного, техно-технологического и

естественно-научного знания, стимулированной ключевыми эволюционными вызовами цивилизации цифровой эпохи: эпохи антропоцена и возникающего искусственного интеллекта. Развитие философии уже в недалеком будущем будет направляться преемственным поиском новых семиотических средств, нового языка для конструирования и представления смыслов эпохи растущей эволюционной сложности. Конструирования новой субъектности, включающей не только человеческое измерение, но и всю природу в ее естественных и рукотворных трансформациях. Важную роль в этом процессе может сыграть возникающий прямо на наших глазах диалог программистов с самообучающимися нейросетями, в котором в высшей степени актуализируется этическая проблематика и многие сюжеты философской антропологии. Заново встает проблема отчуждения и рисков тотального порабощения человека в эпоху так называемого когнитивного капитализма (или посткапитализма).

В области *теории познания, философии творчества, социальной эпистемологии и логики* перспективным является философское осмысление современных проблем эпистемологии, философии сознания и логики, связанных с глобальной цифровизацией, с развитием цифровых коммуникаций и искусственного интеллекта. Продолжатся исследования проблемы перевода и переводимости в философии и культуре, и ее роли в межкультурном диалоге. Тенденции в развитии когнитивных наук показывают, что актуальные проблемы этой области тесно связаны с социальностью. «Наивная эпистемология», предсказывающие когнитивные механизмы; порождение моральных норм, соотношение биологического, когнитивного и социального, возможность искусственного сознания – во всех этих темах обнаруживаются точки соприкосновения и пересечения когнитивных и социальных наук.

Исследования в области *социальной и политической философии* в ближайшей перспективе потребуют масштабного философского осмысления российского цивилизационного развития в контексте глобального мира. Необходимость осознания своего места в мире, поиск собственных путей развития, в особенности в условиях конфронтационных тенденций на международной арене, сделали тему российского цивилизационного проекта остро актуальной, а ее философское исследование и разработку необходимой. Продолжится разработка нового категориального аппарата философии применительно к современному уровню развития общества под углом зрения перехода от сформировавшегося в настоящее время монополярного мира к многополярному мироустройству.

В области *философской антропологии и наук о человеке* развитие информационных и биотехнологий остро проблематизирует вопросы смещения антропологической границы, поиска идентичности, соотношения естественного и искусственного интеллекта, «конструирования» человека и др. В этой связи особое значение приобретает биоэтика как сфера фундаментального междисциплинарного философского знания, связанного с идущим приростом результатов и возможностей биомедицинских дисциплин. Философия включена в процесс, используя для определения в новых контекстах понятий благо, здоровье, автономия, жизнь, идентичность.

В области *этики, эстетики, философии религии* наиболее актуальным и перспективным становится исследование проблемы неполноты теоретической обоснованности решений и интерпретаций, разрабатываемых практической этикой, а также определение методологических принципов для критического изучения нормативных программ на стадии их разработки, обеспечивающих эффективность их оценки по итогам реализации. Особое значение приобретает междисциплинарное — этико-эстетическое — изучение рисков цифровизации социальных отношений как движущей силы трансформации современного общества и автономизации внутренней жизни человека, разработка понятий солидарности и аффекта на материале современной культуры. В философии религии все еще актуальна проблема

метатеоретических компетенций философского и религиоведческого исследования религиозных концепций и практик.

*Историко-философские исследования* останутся одним из наиболее развитых жанров философского исследования в России. Постепенно акцент будет перемещаться на исследование отечественной философской традиции и неевропейских философий, хотя это не будет означать уменьшения внимания к истории европейской философии.

### **Социология**

Общественные дисциплины не отделены от науки в целом непроницаемой перегородкой. Все тенденции, негативные или позитивные, характерные для науки в целом, заявляют о себе с разной степенью и в общественных ее отраслях. И здесь, как и в естественных науках, остро заявляет о себе дефицит молодых квалифицированных кадров. По обществоведческим дисциплинам защищается немало диссертаций, однако немалая доля от защищаемых работ имеют «статусный» характер, то есть обеспечивают их носителям определенный вес и уважение в среде коллег и подчиненных, но не становятся при этом входным «билетом» в большую науку. Общая тенденция не устраняет, разумеется, различий между общественными дисциплинами.

В общественной науке, как и российской науке, в целом происходит смена критериев оценки эффективности ученых и научных учреждений. В настоящее время делаются попытки внедрить многомерные системы оценки, учитывающие не только количество статей, но и другие важные аспекты деятельности ученых (монографии, переводы, популяризация науки и др.).

С каждым годом в общественных науках все более остро ощущается нехватка институтов поддержки самостоятельных, инициативных исследований. Эти обстоятельства сужают возможности получать финансирование для молодых ученых, не имеющих высоких публикационных показателей, и вузовских преподавателей, делящих время между учебной нагрузкой и исследовательской практикой. В невыгодной позиции оказываются, кроме того, ученые-обществоведы, работающие в регионах России, которым участие в рецензируемых научных проектах или крупных научных мероприятиях давало возможность формировать научные связи и планировать совместные проекты. Все чаще это общение сводится к взаимодействию в режиме онлайн, для которого, как показывает практика, характерны значительные ограничения и которое не позволяет консолидировать научные сообщества.

### **Политология**

В целом, развитие политической науки в России и в мире будет обусловлено теми процессами деглобализации, которые запустила СВО. Конкретно в России, политическая наука будет вынуждена в еще большей степени, чем в предыдущие годы, ориентироваться на выполнение заказа, исходящего из высших и средних эшелонов власти – на экспертную поддержку принимаемых решений в области внутренней и внешней политики. Большую роль будут играть все новые и новые попытки сформулировать работоспособную версию национальной идеологии, традиционных ценностей, общезначимого понимания патриотизма. Учитывая то, что СВО привела к очень значимым сдвигам в области занятости, в демографической структуре, в структуре экономики и т.д., и что эти сдвиги будут нарастать, можно предположить фокусирование интересов многих исследователей на связанной с этим междисциплинарной проблематике на стыке политологии, социологии, экономики.

Отечественные исследования советского опыта будут, вероятнее всего, развивать возникшие ранее перспективные направления. К числу таковых причислим антропологическое, дискурсивное, социально-политическое, историко-философское.

## **Право**

Прогноз дальнейшего развития теоретико-правовых и философско-правовых исследований характеризуется необходимостью повышения роли научного сообщества в разработке и реализации решений, определенных как Программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы), так и поиском инновационной модели развития государственно-правовых институтов в условиях существенных политических, технологических и общественных перемен. Безусловной значимостью обладает переосмысление концепции государственного суверенитета, использование различных социальных регуляторов в формировании правосознания и общественного мнения, а также методологическая функция теории и философии права для отраслевых наук.

Представляется, что актуальными будут оставаться вопросы углубления взаимодействия международного и внутригосударственного права; трансформации и сближения форм (источников) права; нарастания процессуальности в правовом регулировании; усиления взаимодействия правового и информационного пространства; повышения роли государства как регулятора интеграционных и модернизационных процессов с учетом национальных интересов, исторических и культурных традиций. Прогнозируется рост междисциплинарных исследований в сфере информационной безопасности, искусственного интеллекта, робототехники и иных цифровых технологий. Актуальной представляется разработка международных документов на уровне ШОС, БРИКС, ОДКБ, ЕАЭС и др.

Перспективными направлениями правовых исследований являются также проблемы правового обеспечения применения искусственного интеллекта в обеспечении национальной безопасности.

По-прежнему будут важны вопросы выявления правовых пробелов и коллизий административного законодательства, разработки предложений по совершенствованию правового регулирования в целях оптимизации административно-правовых форм и методов деятельности органов исполнительной власти, поиск оптимального соотношения контрольной и надзорной деятельности государственного управления. Основные прорывные направления развития науки гражданского права будут также обусловлены процессом цифровизации экономики, связанным с активным применением новых цифровых технологий. Развитие предпринимательского права должно включать нормативно-правовое регулирование применения в предпринимательстве национальных информационно-коммуникационных ресурсов и систем, цифровых многосторонних рынков (цифровых платформ), индустриального (промышленного) интернета.

Дальнейшее развитие должно получить экологическое право.

## **Психология**

Можно выделить несколько перспективных направлений психологических исследований, требующих внимания и поддержки в следующие годы. В ближайшие годы в российских и зарубежных исследованиях будут расти актуальность и значимость изучения социально-психологических механизмов при переживании трудно контролируемой угрозы, связанной с последствиями пандемии, всеобщих экономических санкций, военных действий и 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, precariousности и новых форм социального неравенства. В области изучения психологического состояния общества все более перспективным направлением становится совмещение опросных данных, анализа цифровых следов, а также корпусных исследований динамики лингвистических маркеров социально-психологических феноменов для математического моделирования социальных процессов.

Перспектива развития исследований в области психологии ментальных ресурсов и способностей человека связана с разработкой многомерной типологии индивидуальных ментальных ресурсов; описанием сменной детерминации становления многомерного пространства возможностей индивидуальности, позволяющего выявить адаптивную и дезадаптивную роль способностей разного уровня, а также описать многомерные эффекты взаимодействия разных форм индивидуального опыта; изучением биохимических основ индивидуальных различий темперамента, способностей и когнитивно-стилевой регуляции.

В исследованиях кросс-модальных соответствий будут разработаны новые методы и получены новые данные для развития парадигмы воспринимаемого качества мультимодальных событий.

Большой научно-практический потенциал имеет концепция совместной интеллектуальной деятельности, расширенная применительно к общению в социальных медиа введением конструкта «когнитивный ресурс», определяющего стабильность функционирования познавательной системы.

Перспектива разработки технологий автоматической обработки медиа контента определяет значимость оригинальных подходов контент- и интент-анализа. С целью развития техники интент-анализа будет продолжена разработка словаря интенциональных категорий.

Традиционно одна из наиболее трудных, но крайне актуальных проблем психологической науки состоит в достоверном описании закономерностей психического развития человека на всем протяжении жизни.

Применение *системно-субъектного подхода* связано с детальным описанием критериев уровневой субъектной организации в сопоставлении с развитием личности, их взаимоотношений и взаимодействий. В рамках системно-субъектного подхода открытым остается вопрос о *коммуникативной функции* субъекта. Актуальны исследования субъективного возраста на разных этапах жизни, особенно на этапах старения. Перспективным направлением является поиск внутренних ресурсов личности, позволяющих поддерживать жизнедеятельность, ощущение счастья, удовлетворенности собой и собственной жизнью в позднем онтогенезе. Проблема психологического благополучия остается одной из значимых проблем психологии, продолжатся исследования структуры психологического благополучия мужчин и женщин, предполагается оценить связанные с полом факторы психологического благополучия на разных этапах онтогенеза.

Исследователи находятся в поиске различий в переживании так называемых *видимых* и *невидимых угроз*. Современным трендом в изучении психологических последствий влияния на человека стрессоров высокой интенсивности является разработка темы *угрожающего жизни заболевания* и его интенсивного переживания человеком.

Не теряют актуальности исследования в области исторической психологии, цель которых состоит в выявлении генезиса различных социально-психологических феноменов жизнедеятельности человека.

## **Экономика**

С учетом прогнозируемой эскалации санкционного давления на российскую экономику и расширения его инструментария, возрастает актуальность исследований в области экономического и технологического суверенитета России, при сохранении важности направлений исследований, в том числе прогнозных, связанных с долгосрочными вызовами и рисками устойчивому социально-экономическому развитию страны.

В области *макрэкономических 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 влияние долгосрочных негативных эффектов для здоровья и качества жизни населения, порожденных пандемией COVID-19 и социально-экономическими последствиями изменений климата. В этой связи отечественной экономической науке необходимо будет:

- разработать новую модель долгосрочного социально-экономического развития, которая должна обеспечить структурные изменения в экономике, новую промышленно-технологическую политику, интенсификацию внутреннего промышленного производства и укрепление технологического суверенитета России; выстраивание полноценных производственных и логистических цепочек внутри страны; модернизация АПК; 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, максимизации использования потенциала научно-технологического развития для интенсификации темпов экономического роста при сохранении социальной, экологической и экономической устойчивости развития и обеспечения национальной безопасности РФ в долгосрочной перспективе;

- 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, прежде всего в рамках реализации Федеральной научно-технической программы (ФНТП) в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021 - 2030 годы и Важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) по созданию единой государственной системы мониторинга климатически активных веществ (2022 - 2024 гг.)<sup>4</sup>;

- продолжить анализ трудовых отношений в экономике, исследуя такие аспекты как взаимосвязь между качеством человеческого капитала и темпами экономического роста, структурные дисбалансы рынка труда, меры по повышению качества трудовых ресурсов и снижению безработицы, способы приведения в соответствие спроса и предложения на рынке труда;

- продолжить исследования институциональных факторов экономического развития (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 сложных современных условиях;

---

<sup>4</sup> Утверждены, соответственно, Постановлением Правительства РФ от 8 февраля 2022 г. № 133 и Распоряжением Правительства РФ от 02 сентября 2022 №2515-р.

- осуществить корректировку интегральных показателей деловой конъюнктуры российской экономики в новых условиях.

Актуальными направлениями исследований в этом направлении становятся *конкретизация научно-технологического вектора развития страны* в рамках нового стратегического документа планирования верхнего уровня – обновленной Стратегии научно-технологического развития РФ, а также разработка системы мероприятий по укреплению научно-технологического потенциала страны и организации его эффективной работы в увязке с приоритетными задачами развития экономики в условиях нарастающего геополитического давления.

### **Прогнозирование**

В ближайшие годы исследования в сфере макроэкономического прогнозирования будут развиваться по следующим направлениям:

– во-первых, потребуется более точная привязка макроэкономических прогнозов к стратегиям и программам, которые разрабатываются федеральными министерствами и ведомствами. В частности, потребуется включение в прогнозные расчеты новых статистических показателей (и динамических рядов с этими показателями), которые вводятся новыми нормативными актами и методическими указаниями, включая показатели прогресса в реализации в Российской Федерации Целей устойчивого развития ООН до 2030 года;

– во-вторых, будет происходить постепенное усложнение внутренней структуры прогнозирования моделей с целью более точного отражения происходящих в экономике и социальной сфере процессов;

– в-третьих, можно ожидать развития модельного аппарата и компьютерной техники, которые снизят трудоемкость, увеличат скорость и улучшат обоснованность прогнозных расчетов.

Все перечисленное выше потребует определенной методической перестройки и переобучения исследователей, которые занимаются прикладными социально-экономическими прогнозами.

В то же время предстоит интегрировать в макроэкономические прогнозные модели новые проблемные и отраслевые блоки, в том числе связанные с анализом внешнеэкономических и геостратегических рисков, научно-технологических факторов; учетом экологических ограничений, поведенческих аспектов бизнеса и населения, проблем социального и демографического развития.

В области развития *экономико-математических методов и моделей* выделяются следующие направления.

Разработка и использование агентных, оптимизационных и эконометрических моделей для исследования социально-экономических, демографических процессов и инвестиционных программ, а также оценки национальной силы государства. Разработка комплекса детализированных до уровня отдельных индивидуумов агент-ориентированных моделей, имитирующих социально-экономическую систему Евразийского континента, в том числе создание системы алгоритмов, имитирующих основные элементы поведения агентов.

Развитие теории и компьютерно-математического инструментария для анализа качества управления социально-экономическими системами.

Разработка динамических моделей с использованием аппарата функционально – дифференциальных уравнений, приближенных численных методов решения бескоалиционных игр многих лиц и др. для приложений в экономике и медицине.

Развитие вероятностно-статистических методов и моделей, теоретической и прикладной



эконометрики и модельных экспериментов в экономике. Развитие методов математической социологии. Разработка методов и моделей для определения и обоснования приоритетных направлений развития региональной экономики, изменения ее структуры и сложности, повышения человеческого капитала, качества жизни, темпов экономического роста, совершенствования рынков труда, механизмов распространения знаний и кооперации научных исследований.

Разработка экономико-математических методов и моделей для исследования развития отраслей повышенного спроса на знания (отрасли наукоемкого сектора экономики и высокие технологии). Разработка моделей для анализа и прогнозирования технико-экономических показателей высоких технологий (робототехника, системы связи и др.). Исследование проблем регионального развития, рисков и угроз значительного неравенства доходов, территориального неравенства для национальной безопасности и территориальной целостности страны. Обоснование приоритетов государственной научно-технологической, инновационной и экономической политики. Разработка рекомендаций по обеспечению экономической, научно-технологической и национальной безопасности в условиях возрастания кибернетических, биологических и других угроз, усиления глобальной нестабильности и введения санкций со стороны недружественных государств.

Разработка теории оценки цифровых продуктов, знаний, интеллектуальных активов и бизнеса, методов и инструментов для проведения практических измерений и стоимостных оценок в экономике знаний, цифровой экономике. Моделирование сделок в цифровой экономике, спроса на знания, цифровые продукты.

Создание единой системной многоуровневой теории и моделей эволюции функционирования и взаимодействия социально-экономических объектов на нано-, микро- и мезоэкономическом уровнях.

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 области *пространственной экономики* исследования будут развиваться в направлении совершенствования теоретического и методического аппарата научной системы, описывающей пространственные аспекты экономических и социальных процессов в современных условиях, предлагающей адекватные модели и инструменты для описания и прогнозирования факторов и результатов взаимодействия территориально распределённых агентов микро-, мезо-, макро- и глобального уровня и масштаба.

Системное представление пространственного измерения взаимосвязанных экономических и социальных процессов в обществе предполагает изучение следующих тем и направлений, испытывающих дефицит публикаций и результатов, но востребованных как современной теорией, так и практикой:

- изменение положения и роли России в мировом пространстве, внешнеэкономические и внешнеполитические факторы пространственного развития страны;
- взаимодействие природной среды и социально-экономического пространства в современных условиях, влияние природно-техногенной среды на человека и общество, антропогенное воздействие на природные пространства, формы использования природных ресурсов и изменение их доступности;
- эволюция, освоение, модернизация, новое качество и ограничения социально-экономического пространства в условиях смены технического и технологического базиса;
- пространственные проблемы развития отдельных отраслей и производственных кластеров, межотраслевые и межрегиональные материальные, информационные и финансовые потоки, их динамика,

проблемы внутренней пространственной интеграции, степень её зрелости и прочности; пространственные трансформации экономической структуры, социальной среды и демографических процессов в стране;

- взаимодействие информационного, образовательного и научно-инновационного пространства в контексте формирования человеческого капитала, социальной справедливости, пространственного неравенства и гражданского общества;

- развитие научных основ государственно-территориального устройства, системы территориального планирования и прогнозирования, децентрализации и федерализма;

- развитие теории агломерационной экономики, учитывающей новые формы и средства коммуникации экономических агентов в пространстве и изменение системы факторов конкурентоспособности и ограничений, накладываемых на бизнес;

- поиск новых производительных сил, трансформация пространства из барьера в ресурс развития, пересмотр роли и вклада пространства в деловую активность, адаптация концепции пространства к новой модели экономического роста, к современным технологиям, экологическим и глобальным ограничениям;

- формирование предложений о пространственном каркасе развития страны, с учётом проблем неравенства, дискриминации, экономической эффективности, межрегиональной связности, внутренней и внешней безопасности, сбалансированности экономических и социальных функций, сохранения исторического наследия и культурного ландшафта страны, освоения территорий;

- динамика населенных пунктов и экономических центров, трансформация экономического пространства под влиянием освоения территорий, перераспределения экономических потенциалов, развития и формирования новой инфраструктуры;

- разработка моделей прикладного экономического анализа, находящих применение в процедурах текущего, среднесрочного, долгосрочного и стратегического планирования и прогнозирования;

- разработка инструментальных средств анализа и моделей взаимодействий разных видов пространств: информационного, технологического, экономического, финансового, социального, демографического, институционального и природного;

- развитие методов и алгоритмов формирования, обработки и анализа эмпирических пространственных данных большой размерности, интеграция их со средствами геоинформационных систем и системами прикладных пространственных моделей.

В области *микроэкономических исследований* необходимо будет продолжить изучение роли предприятий (крупных корпораций, а также малого и среднего бизнеса) и домохозяйств в процессах экономического развития. С одной стороны, должны более детально исследоваться институциональные факторы, влияющие 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.). С другой стороны, должны более активно осваиваться дополнительные источники информации о деятельности и поведении предприятий и домохозяйств (крупномасштабные массивы данных (big data) о транспортных потоках, розничных покупках, телефонных контактах, интернет-запросах и т.п.; а также данные анкетных опросов и социологических интервью). В этой связи будут увеличены масштаб и глубина обследований, нацеленных на изучение экономического поведения предприятий и домохозяйств, их реакции на экономические процессы и различные меры экономической политики государства, а также их влияния на темпы и качество экономического роста в стране.

В сфере *международных исследований* в контексте развития России важным направлением

является поиск сбалансированного развития процессов межрегионального и международного разделения труда. В условиях разрыва связей с коллективным Западом и наращивания связей с странами Востока и Юга важно учитывать возможности перестройки пространственной структуры экономики и социальной сферы России, которая исторически выстраивалась как европоцентричная. Интеграционные процессы, в которых участвует Россия, должны более тесно увязываться со Стратегией пространственного развития России.

### Важнейшие результаты исследований в 2022 году

Серьезные вызовы, с которыми сталкиваются все без исключения страны в двадцать первом веке, могут быть адекватно поняты и приняты только если для этого будет задействован весь потенциал общественных наук.

## I. По Секции философии, политологии, социологии, психологии и права

### Теория сознания

Коллектив исследователей, объединивший представителей разных специальностей (философия,



филология, психология, востоковедение) из Института философии РАН, РУДН, Крымского федерального университета, Самарского университета осуществил 1-ый этап фундаментального междисциплинарного исследования по проблеме *типологии разума*. Основная гипотеза проекта заключается в том, что большие культуры человечества: европейская, арабо-мусульманская, южноазиатская и дальневосточная, - опираются каждая на собственный, не сводимый к другим, тип рациональности. Насущной задачей философского востоковедения становится прочитывание архива этих больших культур с целью, во-первых, обнаружить логико-смысловые основания каждого из типов рациональности и, во-вторых, проследить их разворачивание в целостных системах культуры и общества (язык, наука, этика, право, системы власти, т.д.), определяющих цивилизационную идентичность каждой из этих больших культур и её устойчивость, обеспечиваемую способностью сохранять свои основания в потоке непрерывных перемен и ответов на

вызовы. Результатом должно стать преодоление представления об универсальности и одновариантности человеческого разума, развёрнутого в опыте европейской культуры, и принципиальное обогащение наших представлений о сознании. Участники проекта инициировали проведение ежегодных декабрьских конференций в г. Нальчик под общим названием «Осознать смысл, осмыслить сознание», первая из которых состоялась в декабре 2022 г.

**(Институт философии РАН; исполнители: рабочая группа под руководством ак. Смирнова А.В.)**

*Публикация:*

Коллективная монография. Осознать смысл, осмыслить сознание: манифест Другой философии / отв. ред. тома А.В. Смирнов. М.: ООО «Садра», 2022. С. 5-7. - 392 с. - ISBN 978-5-907552-21-0

## Социодинамика российской культуры

Проведено фундаментальное исследование проблемы социодинамики российской культуры в конце XX — начале XXI вв., на основе которого проведено обобщение данных многолетних социологических



исследований АНО РНИСиНП, АНО ДПО ИКСИ, ФНИСЦ РАН, а также других социологических центров страны, проведен социокультурный анализ организационно-структурных и содержательно-качественных изменений культурной деятельности населения и художественно-творческого процесса. Доказано, что современная глобализация, трансформация общественных отношений, усиление антироссийских действий по разрушению системы ценностей, сложившихся в нашей стране, сделали проблемы устойчивого развития культуры чрезвычайно актуальными. Недооценка стратегической роли культуры как системообразующей основы российского общества, ее стратегической значимости для успешной модернизации социального и экономического прогресса была главным фактором, препятствующим развитию отечественной культуры - а во многом и общества в целом. В связи с этим авторы поставили перед собой задачи кардинального переосмысления сущности

культуры и ее значимости для общественного прогресса, без решения которых невозможно добиться духовного и социального благополучия общества, достичь амбициозных целей развития страны. Был определен новый этап и основные направления социодинамики культуры, внесен существенный вклад в совершенствования системы управления социокультурной жизнью страны.

(ФНИСЦ РАН; исполнители: академик РАН Горшков М.К., д.филос.н. Комиссаров С.Н., д.социол.н. Карпукhin О.И.)

*Публикация:*

Монография. На переломе веков: социодинамика российской культуры. М. К. Горшков, С. Н. Комиссаров, О. И. Карпукhin; ФНИСЦ РАН. – М.: ФНИСЦ РАН, 2022. – 703 с.  
ISBN 978-5-89697-390-4 DOI 10.19181/monorg.978-5-89697-390-4.2022

Проведено **философско-правовое осмысление войны, мира и соответствующих им правовых концепций, законов, стратегий и доктрин России, США, Китая, Великобритании, Германии, Франции, ООН, НАТО и Евросоюза**, состояния прав человека и верховенства права в международных делах. Впервые через право и войны исследована история России, ее путь к статусу великой державы, решающая роль в победах в глобальных европейских и Второй мировой войне, становлении и поддержании существующего мирового порядка.

Рассмотрены проблемы возникновения и развития правового института ответственности защиты населения от геноцида, военных преступлений, этнической чистки и преступлений против человечности, а также об обязанности воюющих сторон принимать меры по защите прав гражданских лиц в вооруженном конфликте.

На основе новейших статистических данных приводятся аргументированные оценки и суждения о фактах и явлениях современной глобальной правовой действительности. Обосновывается авторский взгляд

на пути преодоления цивилизационного кризиса.

(ИГП РАН; исполнитель: член-корреспондент РАН Савенков А.Н.)

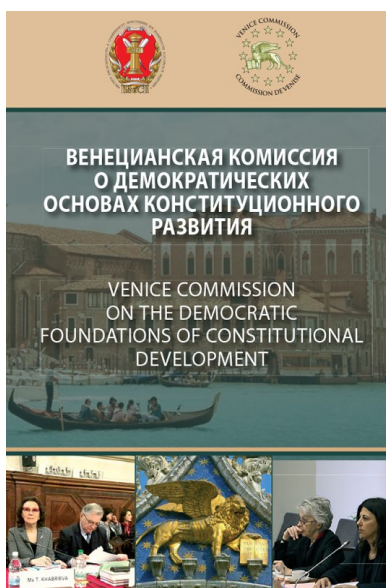
Публикация:

Монография. А.Н. Савенков «Государство и право: Права человека и мировой правопорядок, основанный на верховенстве права» (Рис. 204), в 3-х томах. (М.: Наука, 2022. Т. 1 – 608 с.; Т. 2 – 506 с.; Т.3 – 644 с.).



Рис. 204. Монография. А.Н. Савенков «Государство и право: Права человека и мировой правопорядок, основанный на верховенстве права»

### Конституционное право



Под руководством ак. Хабриевой Т.Я. проведен анализ позиции Венецианской комиссии Совета Европы, отражающей влияние различных элементов демократии на конституционное развитие государства. Был подготовлен ряд аналитических материалов и переводов текстов заключений Венецианской комиссии, ее докладов и исследований, посвященных ключевым вопросам конституционного развития и демократических основ – разделению властей, добросовестному (надлежащему) управлению, парламентаризму, самоуправлению, политическим партиям, демократическим выборам (избирательным кампаниям), демократическим свободам и др. Значимость исследования состоит в выявлении закономерностей и особенностей современного развития мирового конституционализма; выводы Венецианской комиссии остаются важным вкладом в науку конституционного права, позволяют

лучше понять общие тенденции правового развития в разных странах.

(ИЗиСП при Правительстве Российской Федерации; исполнители: академик РАН Хабриева Т.Я.,

к.ю.н. Чиркин С.В., д.ю.н. Ковлер А.И., к.ю.н. Каширкина А.А., к.ю.н. Белялова А.М., к.ю.н. Мехтиев М.Г., к.ю.н. Фокин Е.А., м.н.с. Лебедева Я.И., Кошелева Е.В.)

*Публикация:*

Коллективная монография. «Венецианская комиссия о демократических основах конституционного развития»: под ред. Т.Я. Хабриевой; Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации. — М.: ИД «Юриспруденция», 2022. — 512 с. ISBN 978-5-9516-0910-6.

Опубликована коллективная монография **Современная концепция толкования международных договоров**: / под ред. А.Я. Капустина. — Москва: Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации: Норма: ИНФРА-М, 2022. — 432 с. — DOI 10.12737/1839409.



В монографии рассмотрены важнейшие элементы современной концепции толкования международных договоров, исследована история становления понятия толкования международных договоров в доктрине и международной практике, предложены подходы к концептуализации природы толкования договоров с учетом положений Венской конвенции о праве международных договоров 1969 г.

Наряду с научно-теоретическими раскрыты практические аспекты толкования международного договора. Проанализированы особенности толкования международного договора в практике международных организаций, в том числе международных интеграционных организаций, международных судебных органов (ЕСПЧ, международных судебных органов по морским спорам, Международного уголовного суда, Суда Евразийского экономического союза), исследованы отдельные доктрины толкования договора (эволютивное толкование, толкование контекстуальных элементов). Выявлены особенности толкования международных инвестиционных договоров, обозначены проблемы толкования международных договоров в решениях международных коммерческих арбитражей, исследовано место толкования договоров в концепции сравнительного международного права. Предложена концепция толкования международных договоров национальными судебными органами государств с привлечением практики российских судов.

**(ИЗиСП при Правительстве Российской Федерации)**

**Обыденное и научное сознание**

На примере исследования образа Петра I рассмотрены обыденное и научное сознание россиян как психологический фактор, отражающий состояние российского общества. Показано, что обыденное сознание

в разные исторические периоды обладает своей спецификой, заключает в себе и логически выверенные, и в значительной степени ошибочные мнения, подверженные эмоциональным оценкам. Показано, что с психологической точки зрения образ Петра I можно интерпретировать как проявление неординарности государственного

Российская академия наук  
Институт психологии

**Образ Петра I  
в обыденном и научном  
сознании:  
анализ социальных сетей  
и научных источников**



деятеля, его **высоких** волевых качеств, организационно-управленческих способностей, мировоззренческой устойчивости, цельности характера, хорошо развитого практического интеллекта, способности к стратегическому мышлению и политической проницательности.

(ИП РАН; исполнители: коллектив авторов под руководством ак. Журавлева А.Л.)

*Публикация:*

Коллективная монография. Образ Петра I в обыденном и научном сознании: анализ социальных сетей и научных источников / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Д. А. Китова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2022. – 292 с. (Психология социальных явлений).

## II. По Секции экономики

Формирование конкурентной модели развития в России, способной обеспечить устойчивую динамику экономического роста и повышение качества жизни населения, несомненно, лежит в плоскости ярко выраженной тенденции перехода глобальной экономики на новый этап технологического развития, в рамках которого научно-технологический фактор превращается в основной драйвер развития. Контуры такой модели очевидны – они связаны с возрождением реального сектора экономики на новой технологической базе, в связи с чем высокую степень актуальности приобретают исследования по определению приоритетов, условий и направлений структурной модернизации российской экономики с учетом ее технологического потенциала.

### Структурная модернизация российской экономики

На теоретическом уровне структурная модернизация рассмотрена как процесс изменения соотношений между элементами системы, происходящий в соответствии с целевыми установками экономической политики. С прикладной точки зрения раскрыты вопросы трансформации структуры российской промышленности, модернизации топливно-энергетического комплекса в контексте задач энергетического перехода, развития инфраструктуры, а также агропродовольственного комплекса как интегрального фактора и драйвера экономического роста.

Определены основные направления формирования институциональной среды для обеспечения масштабной структурной и технологической модернизации, среди которых совершенствование деятельности ключевых российских институтов развития, создание условий, стимулирующих предпринимательский интерес к технологической модернизации производства и инновациям; изменение парадигмы функционирования бюджетных, налоговых, ценовых инструментов с целью усиления их возможностей стимулирования экономического роста. Как важная задача экономической политики определен переход к программно-проектной модели реализации национальных приоритетов в рамках стратегического планирования, бюджетной политики и бюджетного планирования.

(ИЭ РАН; исполнители: коллектив авторов под руководством д.э.н. Ленчук Е.Б.)

*Публикация:*

Коллективная монография Структурная модернизация российской экономики: условия, направления, механизмы /под ред. д.э.н. Ленчук Е.Б., к.э.н. Ахапкина Н.Ю., к.э.н. Филатова В.И. – СПб.: Алетей, 2022, 276 с. (Рис. 205)



Рис. 205. Коллективная монография Структурная модернизация российской экономики: условия, направления, механизмы

#### **Демографическая агентно-ориентированная модель АОМ для РФ**

На основе агентно-ориентированной модели (АОМ) сделан анализ динамики численности населения России и факторов повышения рождаемости, разработано краткое описание поведения агентов и внешней среды для 146 млн. агентов (Рис. 206). Разработана методика повышения численности населения при разных внешних факторах.

Подготовлены предложения для Совета Федерации России по решению актуальных проблем демографического развития страны.

(ЦЭМИ РАН; исполнители: академик РАН Макаров В.Л., член-корреспондент РАН Бахтизин А.Р., к.э.н. Сушко Е.Д.)

#### *Публикации:*

Цифровой двойник (искусственное общество) социально-экономической системы России - платформа для экспериментов в сфере управления демографическими процессами / В. Л. Макаров, Р. И. Нигматулин, Н. И. Ильин [и др.] // Экономические стратегии. – 2022. – Т. 24. – № 2(182). – С. 6-18. – DOI 10.33917/es-2.182.2022.6-19. – EDN AGHDCR.

Долгосрочное демографическое прогнозирование в новых реалиях / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2022. – Т. 235. – № 3. – С. 85-94. – DOI 10.38197/2072-2060-2022-235-3-85-94. – EDN POGJJG.

Моделирование последствий ядерного удара / В. Л. Макаров, А. И. Агеев, А. Р. Бахтизин [и др.] // Экономические стратегии. – 2022. – Т. 24. – № 4(184). – С. 6-16. – DOI 10.33917/es-4.184.2022.6-16. – EDN JQSIMM.

Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Логинов Е.Л. (2022): Применение экономико-математических методов и моделей оптимального планирования в цифровой экономике будущего (ЦЭМИ АН СССР и ЦЭМИ РАН: прогностическая интерпретация и развитие научного наследия нобелевских лауреатов Л.В. Канторовича и В.В. Леонтьева). – М.: ЦЭМИ РАН, 2022. – 248 с. Авт. листы - 19,92



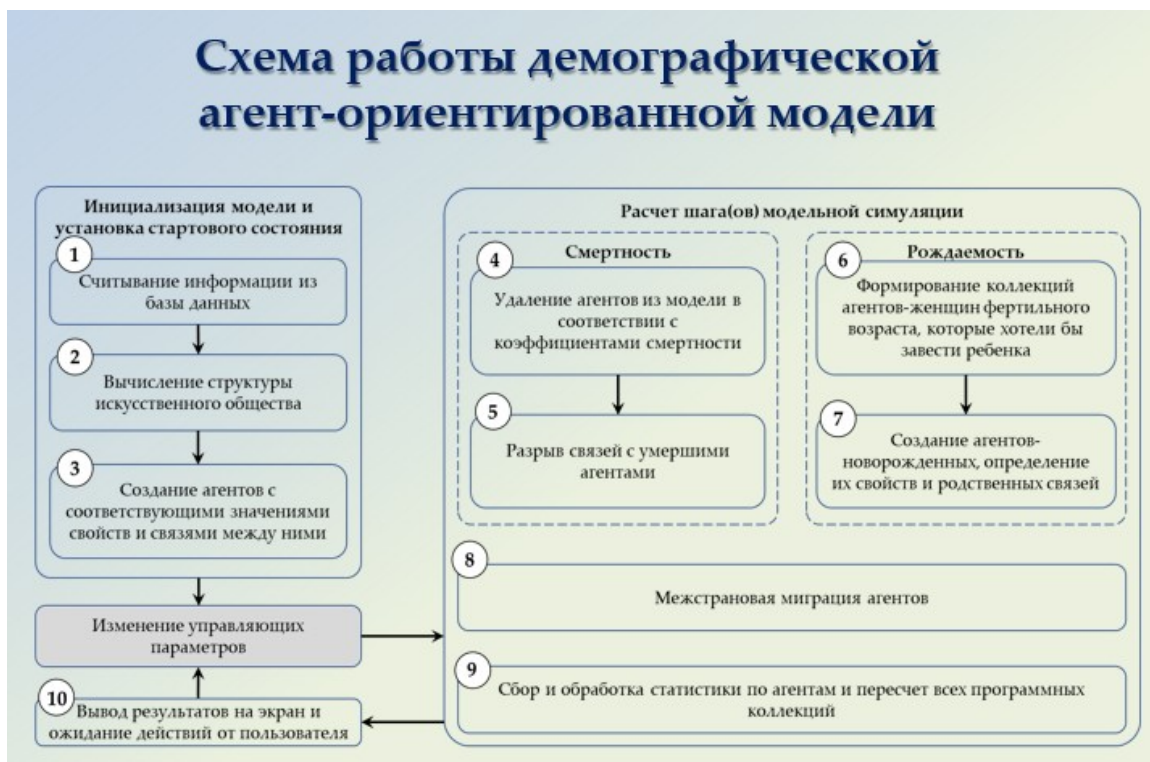


Рис. 206.

### Оценка потенциала экономического роста

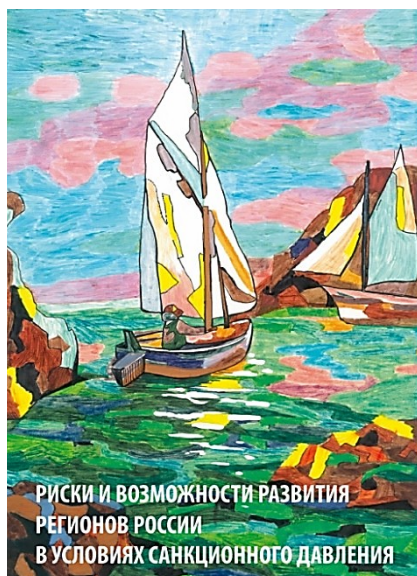
На основе проведенного анализа демографических, научно-технологических, ресурсных, производственных, институциональных факторов долгосрочного социально-экономического развития России и использования прогностического модельного комплекса разработана количественная оценка потенциала экономического роста России. Научная новизна заключается в развитии методологии и инструментария долгосрочного прогнозирования потенциала экономического роста. Полученные результаты могут быть использованы Министерством экономического развития РФ, другими органами исполнительной и законодательной власти для совершенствования долгосрочной экономической и научно-технологической политики России. Так, например, ряд результатов уже использован при разработке Стратегических направлений деятельности Правительства РФ в новых условиях на период до 2030 года и Евразийской экономической комиссией для обоснования Основных направлений экономического развития стран ЕАЭС на перспективу до 2035 года.

(ИНП РАН; исполнители: чл.-к. Широ́в А.А., ак. Порфи́рьев Б.Н., д.э.н. Ксенофо́нтов М.Ю., д.э.н. Фролов И.Э., д.э.н. Гусев М.С. и др.)

*Публикации:*

Основные результаты опубликованы в серии научных работ, в том числе в научном докладе ИНП РАН «Потенциальные возможности роста российской экономики: анализ и прогноз» (М.: АртИк-Принт, 2022. – 296 с.) URL: <https://ecfor.ru/publication/potentsial-rosta-ekonomiki/>

## Архитектоника исследования рисков и возможностей развития регионов России в условиях санкционного давления



Новизна заключается в оценке резильентности региональной экономики к шокам, вызванным санкционным давлением, в сочетании с оценкой отдельных аспектов экономической безопасности. Выявлены потенциальные риски и открывающиеся возможности экономики регионов России в разрезе отдельных структурных элементов и стратегических направлений развития. Практическая значимость заключается в возможности применения архитектоники исследования для обоснования стратегических направлений социально-экономического развития регионов России в условиях турбулентности.

(ИЭ УрО РАН; исполнители: коллектив исследователей под руководством д.э.н. Лавриковой Ю.Г.)

*Публикация:*

Монография. Риски и возможности развития регионов России в условиях санкционного давления / под редакцией Лавриковой Ю.Г., Институт экономики УрО РАН. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2022. — 644 с. ISBN 978-5-94646-669-1

### Проблемы международной интеграции

Проведено исследование проблем международных экономических взаимодействий: глобальные, национальные, региональные аспекты и генезис исследований форм и стадий международной экономической интеграции в Азиатско-Тихоокеанском регионе, формирования блоковых и линейных структур торгово-экономической кооперации, в результате которого разработаны сценарии прогнозов торгово-инвестиционного взаимодействия России и российского Дальнего Востока с экономиками и интеграционными форматами АТР и Северо-Восточной Азии.

(ИЭИ ДВО РАН; исполнитель: академик РАН. Минакир П.А.)

*Публикация:*

Монография. Исследования проблем международных экономических взаимодействий: глобальные, национальные, региональные аспекты (Рис. 207). Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН. 2022. 720 с.

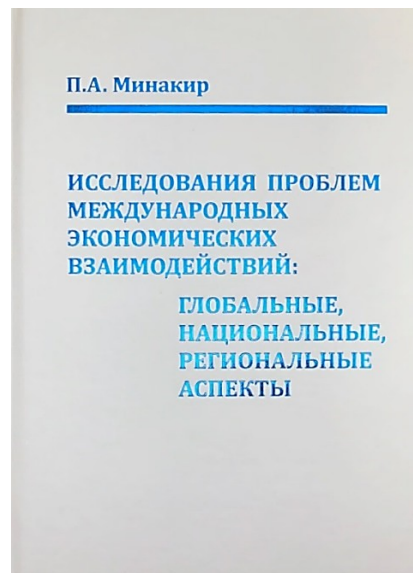


Рис. 207 Монография. Исследования проблем международных экономических взаимодействий: глобальные, национальные, региональные аспекты.

# Глобальные проблемы и международные отношения

## Состояние фундаментальных наук и прогноз развития областей наук по профилю Отделения глобальных проблем и международных отношений РАН

Исследования отделения имеют междисциплинарный характер, государственное задание выполняют экономисты, политологи, историки, демографы, специалисты по странам и регионам. Круг научных тем расширяется. В 2022 г. существенное внимание было уделено изучению глубоких изменений в мировой экономике и политике, ускорившихся в ходе глобального конфликта между Россией и странами Запада.

Исследования велись по следующим крупным направлениям Программы фундаментальных научных исследований в РФ на 2021 - 2030 годы:

- Конкурентоспособность РФ в новых геополитических реалиях: последствия усиления санкционного давления и новые задачи трансформации экономики
- Взаимосвязи глобальных и региональных социальных, политических и идеологических конфликтов
  - Проблемы идентичности
  - Глобализация и регионализация мировой экономики
  - Мировая валютно-финансовая система
  - Причины и последствия «энергетического перехода»
  - Теоретические и прикладные аспекты разработки стратегий национальной безопасности
  - Проблемы беженцев и трансграничной миграции
  - Ближний Восток как регион столкновения глобальных интересов
  - Рост политического и экономического влияния стран Азии в глобальном развитии (Китай и Индия)
  - Динамика экономического и политического развития стран африканского континента и интересы РФ
  - Трансформация социально-политического развития латиноамериканских государств.

Комплексные исследования по всем указанным направлениям ведет **Институт мировой экономики и международных отношений имени Е.М. Примакова**. Основные проекты года были сосредоточены на изучении новых тенденций экономического развития с фокусом на проблемы деглобализации и энергетического перехода, развития Тихоокеанской и Южной Азии, Закавказья, стран Восточной Европы.. В центре внимания - новые векторы экономического и политического миропорядка, связанного, в первую очередь, с укреплением новых центров силы и их отношениями с прежними лидерами.

Основные итоги исследований были подведены в ходе Примаковских чтений 6-7-декабря 2022 г. Тема - «Трансформация мирового порядка: евразийское измерение». Среди наиболее важных результатов международных дискуссий можно указать на следующие выводы, характеризующие изменение принципов глобального взаимодействия:

- Вепонизация (то есть превращение в оружие) всех инструментов – это резервные валюты, технологии, торговля чипами, резолюции ООН и других организаций, и даже национальный состав аппаратов этих организаций, а также суды, СМИ, история и учебники, страхование, судоходство, визы.
- Идеологизация взаимодействия – трактовка событий как конфликта демократий и автократий. Это

означает на практике, что на международной арене нет равноправных субъектов, как это было принято считать во все прежние эпохи, а есть "хорошие" и "плохие". Уже поэтому нет необходимости договариваться с оппонентами, а у санкций (даже вредящих самим себе) и вмешательства во внутренние дела суверенных государств есть моральное оправдание. Дипломатию заменяют квазисудебные процессы, которые ведутся вокруг одной единственной версии, а также ультиматумы о капитуляции вместо переговоров по поиску компромиссов.

Большой общественный резонанс вызвали также молодежная сессия «Примаковских чтений» на тему «Глобальная безопасность: поиск пространств для диалога» и выездная сессия в Ереване (Республика Армения), посвященная вопросам региональной стратегической безопасности, перспективам экономического развития, внерегиональным факторам и региональному измерению трансформации мирового порядка.

Китаеведение, японоведение, корееведение и вьетнамоведение утвердились в качестве самостоятельных областей знаний российского востоковедения, которые в конечном итоге нацелены на научно-экспертный вклад в обеспечение национальных интересов России в Азии и АТР. В данном контексте ключевой задачей **Института Китая и современной Азии РАН** как комплексного научного центра является системное научное изучение современной внутренней и внешней политики, экономики, социальных, культурно-религиозных и иных процессов, характеризующих современное развитие Китая, Японии, двух корейских государств, Вьетнама и стран АСЕАН. При этом японские, корейские исследования, изучение стран ЮВА ведутся в тесной увязке с темой отношений данных государств с Россией и Китаем. Также ИКСА РАН является лидирующим научным центром по изучению таких международных структур с участием России и Китая, как ШОС, РИК и БРИКС.

В 2022 г. основной задачей в деле экспертного изучения современной Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии стала перестройка системы научно-образовательной деятельности. Причем работа в данной области сопрягается с мерами по общему реформированию российского востоковедения, начатыми по инициативе Министерства науки и высшего образования России.

**В ИКСА РАН** в историческом и современном аспектах продолжают исследования культуры и цивилизационных характеристик Китая, которые рассматриваются в качестве механизмов духовного и интеллектуального формирования современного китайского общества. Для текущего периода исследований, несмотря на ряд лимитов пандемии, характерен рост количества переводов художественной литературы китайских авторов (при содействии по линии «Программы перевода и издания произведений классической и современной литературы России и Китая. 2013–2023»). Нарастают также переводы классических китайских философских текстов. Прежними для данного научного направления остаются некоторые важные проблемы. В частности, сохраняется дефицит ученых, имеющих ученую степень по специальности Литература народов стран зарубежья (литература Китая), причем докторов филологических наук по данной специальности в настоящее время в РФ всего 3. Отстает также обмен информацией о тематике и результатах исследований.

В японоведческих исследованиях ИКСА РАН центральное место занимают внешнеполитическая и экономическая стратегия Японии, роль страны в системе региональной безопасности (в том числе в конфигурациях с участием КНР), причем данные темы изучаются в контексте задач по обеспечению национальных интересов России в АТР. Специально анализируются вопросы взаимодействия России и Японии в политической и торгово-экономической областях.

Центр корейских исследований ИКСА РАН продолжает изучение ядерной проблемы Корейского

полуострова и социально-экономического развития КНДР и РК. Особенностью стал тот факт, что пандемия, переместившая общение ученых в онлайн режим, привела к резкому дисбалансу в научных контактах в пользу Республики Корея по сравнению с КНДР. Возросло количество переводов художественной литературы южнокорейских авторов и при поддержке фондов РК.

Изучением Вьетнама и стран АСЕАН комплексно занимается специализированный Центр (ЦИВАС ИКСА РАН). Здесь исследуются внутреннее положение, внешняя политика и внешнеэкономические связи, история и культура этих стран.

В 2022 г. **Институт США и Канады им. Г.А. Арбатова** сосредоточил свои исследования на комплексном научном анализе главных проблем развития североамериканского региона. Особое внимание уделялось последствиям российско-украинского конфликта, как для общеевропейской архитектуры безопасности, так и для существующего мирового порядка. Были подведены итоги первых шагов администрации Дж. Байдена по поддержке официального Киева в его противостоянии с Россией. Сделан вывод, что поляризация и радикализация противоречий в американском обществе, сохраняющаяся острота противоречий в американском истеблишменте, риски рецессии американской экономики не означают отказа от поддержки Украины и размывания антироссийского консенсуса среди правящей элиты США. В целом американо-китайская и американо-российская конфронтационные оси будут и дальше оказывать самое существенное влияние на конфигурацию современного полицентричного мира.

В своей политике «двойного сдерживания» Вашингтон стремится опереться как на своих союзников в Европе, укрепляя НАТО, так и на коалиции, создаваемые в Индо-Тихоокеанском регионе. Таким образом, ориентация на долгосрочное противоборство американского угла с китайским и российским углами стратегического треугольника будет иметь долгосрочный характер. При этом Соединённые Штаты Америки не утратили потенциал устойчивости. Несмотря на сохраняющуюся турбулентность в американском обществе, система сдержек и противовесов продолжает функционировать. Развитая система вертикальных и горизонтальных связей, независимые СМИ, крупный частный сектор остаются неотъемлемыми чертами американской государственности и делают несостоятельными прогнозы о распаде США или начале новой гражданской войны. Исследователи подчеркивают, что США не утратили статус современной мировой сверхдержавы, а проблемы американского общества лишь ослабляют её тыл, но не исчерпывают её потенциал. \_

Успешно реализуется Программа развития **Института Африки РАН** на 2019– 2023 гг. Институт продолжает оставаться 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 осуществляются с учетом корректировок, продиктованных требованиями сегодняшнего дня.

Сформированы и реализуются приоритетные направления научно-исследовательской программы с учетом актуальных задач и потребностей страны. Это позволило вывести научные разработки Института на новый качественный уровень, соответствующий положениям Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года". Институт сыграл ключевую роль в научно-аналитическом обеспечении организации и проведения первой встречи на высшем уровне глав государств и правительств России и стран Африки (Саммит Россия-Африка, 22–24 октября 2019 г.) и продолжает выполнять аналогичную задачу в настоящее время при подготовке

второго саммита Россия-Африка, который планируется провести в Санкт-Петербурге летом 2023г. 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. Институт считает важным итогом своей работы на этом направлении свой вклад в создание научно-аналитической базы для того, чтобы более 85% российского экспорта в Африку стало несырьевым, а также в определение ключевой точки взаимодействия России и Африки – научно-технологического партнерства и подготовки соответствующих кадров.

Осуществляется построение эффективной современной системы управления в области африканских исследований. Налажены связи с высшей школой. Ученые Института нередко являются единственными специалистами по Африке даже в специализированных вузах по международной проблематике. Важность совершенствования исследований в области внутренней и внешней политики стран Африки в научной и особенно в аналитическо-консультационной работе определяется тем, что МИД России в настоящее время проводит географическую переориентацию своей деятельности как за рубежом, так и в центральном аппарате. Африканский вектор оказывается в этом контексте в числе приоритетных. Африканские страны – важный резерв дипломатической поддержки и контрсанкционных усилий. Очень важным становится изучение вызовов и угроз, связанных с Африкой или с геополитическими, геоэкономическими, военными и медико-биологическими «экспериментами» и провокациями Запада. Важным направлением является изучение возможностей расширения российской «мягкой силы» на континенте, распространения русского языка и знаний о культуре народов России. Эти темы закономерно должны получить еще большее внимание африканистов.

В 2022 г. приоритетным направлением исследований **Института Европы РАН** стало изучение основных направлений противодействия угрозам и вызовам России со стороны евро-атлантического сообщества, прежде всего в контексте фундаментального кризиса европейской безопасности, а также эскалации напряженности в Европе и в отношениях Россия-США/НАТО/ЕС.

В рамках утвержденных тем фундаментальных исследований ИЕ РАН продолжил адресный анализ военно-политической ситуации в Европе. Исследования были сконцентрированы на: выявлении факторов и тенденций развития европейской безопасности в условиях системного кризиса и нарастания военно-политической напряженности; политики и активности евроатлантического сообщества в отношении украинского конфликта; изучении содержательной составляющей эволюции трансатлантических отношений после прихода к власти в США президента Д. Байдена; концептуально-доктринальной и оперативно-стратегической трансформации НАТО; формировании оборонного измерения ЕС и его стратегии кризисного реагирования; изучении специфики и роли ключевых западных стран в европейской политике безопасности; анализе возможностей и препятствий реализации интересов РФ в сфере безопасности.

Исследования в сфере европейской интеграции в 2022 году были сфокусированы на социально-экономических и политических проблемах, вызванных чередой кризисов в различных сферах общественной жизни ЕС и политикой санкций против России.

На фоне продолжающейся трансформации системы международных отношений, изменения иерархии ее субъектов, параметров их экономического и социально-политического развития и дальнейшего ухудшения диалога России со странами коллективного Запада существенно выросла актуальность комплексных исследований экономических и политических процессов в ведущих государствах Европы. Все

большой интерес фундаментальная наука проявляет к различным аспектам безопасности в арктическом макрорегионе. Отслежено и проанализировано возрастание роли Арктики в политической и экономической сферах России и стран Евросоюза; обоснована необходимость сохранения и повышения в условиях конфронтации с коллективным Западом авторитета Арктического совета и роли России в международном сотрудничестве на арктическом направлении.

Поиск путей преодоления кризиса европейской системы безопасности останется приоритетной темой для формирования внешнеполитических позиций и противодействия угрозам национальной безопасности РФ. В условиях острого военного конфликта на Украине и эскалации напряженности особое значение имеет прогнозный анализ потенциальных рисков и угроз безопасности, их парирования, сохранения коллективных основ организации Европейской системы безопасности, включая договорно-правовые режимы; разработка возможных сценариев и концепций общеевразийской системы безопасности как альтернативы конфронтационной парадигме и усилению взаимного сдерживания. Особое внимание необходимо сосредоточить на комплексном анализе потенциала политической, финансовой и военной поддержки Украины Евроатлантическим сообществом (США/НАТО/ЕС).

2022-й год стал годом резкого сокращения, а затем фактически прерывания научного сотрудничества с ведущими европейскими странами, прежде всего, Германией. Затруднился доступ ко многим интернет-ресурсам даже при помощи VPN, практически невозможны платные подписки на аналитические материалы и информационные издания. Предполагается, что в дальнейшем эта тенденция сохранится. В условиях нехватки в России специалистов по отдельным странам и регионам Европы (как в академических институтах, так и в вузах) существенно выросла роль Института Европы как научного центра, способного дать обоснованный научный (как теоретический, так и практико-ориентированный) анализ указанных процессов и их влияние на РФ, а также объединить усилия отечественных исследователей, специализирующихся на данной тематике.

В первые десятилетия нынешнего века в Латинской Америке наблюдалось постоянное переформатирование политического ландшафта. В целом ряде государств произошла смена парадигм экономического и политического развития. По мере возвращения к власти «правых» резко усилилась поляризация политических сил как на уровне отдельных стран, так и в региональном масштабе. Это в свою очередь привело к «левому» реваншу и победах на выборах представителей гражданского общества, не связанных с традиционными политическими партиями.

В 2022 г. **Институт Латинской Америки РАН** начал работу над новаторской тематикой, связанной с революцией военного дела, обусловленной глобальной сменой технологической парадигмы. Стартовав в начале века, она порождается большой совокупностью принципиальных новшеств, среди которых: использование околоземного космоса и увязывание операций во всех традиционных средах в механизм скоординированного действия, многократное увеличение скоростей и поражающей силы оружия, многоцелевое и массированное применение беспилотных средств, роботизация поля боя. Латинская Америка не стоит в стороне от этих метаморфоз, но испытывает их воздействие преимущественно косвенно, опосредованно. Собственные реальности и особенности стран региона диктуют специфическую повестку обеспечения безопасности, защиты государственного суверенитета и ключевых систем жизнеобеспечения. Конфронтация со странами коллективного Запада побуждает РФ к расширению всестороннего взаимодействия с незападными партнерами, в том числе в Латинской Америке. Традиционные способы взаимодействия в условиях усиливающегося санкционного давления и высокого общего уровня конфликтности международных отношений, по всей видимости, утрачивают прежнюю эффективность. В



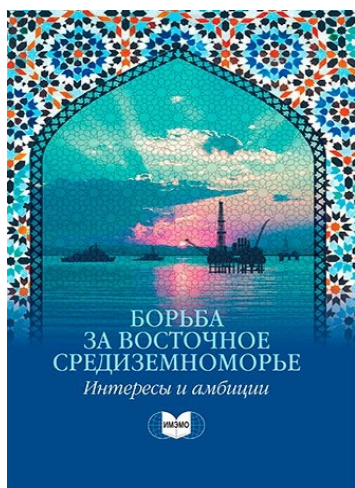
этой связи особое внимание будет обращено на выявление оптимальных форматов и незаблокированных направлений политического, торгово-экономического и гуманитарного сотрудничества с государствами латиноамериканского региона.

Неоднозначная и разноплановая реакция стран Латинской Америки на проведение специальной военной операции на территории Украины предполагает выработку индивидуальных подходов к каждой стране (или группе стран), выявление наиболее перспективных сфер взаимодействия и точек пересечения позиций РФ с латиноамериканскими партнерами. В практическом смысле речь должна идти о специфике торгово-экономических операций в условиях западных санкций, особенностях и возможностях совместной работы в военно-технической области на фоне международной напряженности, определении наиболее действенных форм культурного обмена и усиления «мягкой силы» РФ.

### Важнейшие достижения

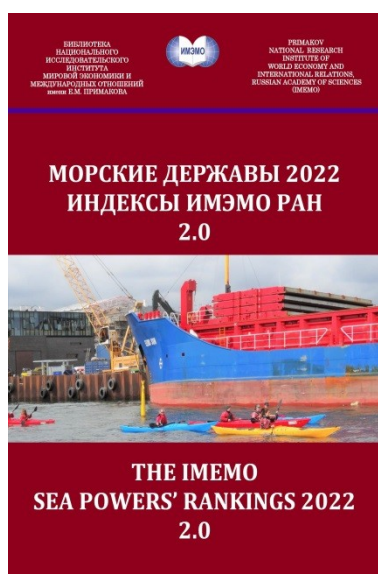
#### 1. Борьба за Восточное Средиземноморье: интересы и амбиции / под ред. И.Д. Звягельской; ИМЭМО РАН. – Москва: Издательство “Аспект Пресс”, 2022. – 288 с. – ISBN 978-5-7567-1226-1.

Коллективная монография посвящена осмыслению сложных правовых, военно-политических и экономических аспектов международных отношений в районе Восточного Средиземноморья, где пересекаются Европа, Ближний Восток и Северная Африка. На примере интересов и амбиций различных региональных и глобальных игроков авторы предприняли первую в отечественной научной литературе попытку монографического исследования причин и последствий становления Восточного Средиземноморья в качестве особого международно-политического субрегиона. В работе выявлены факторы – энергетический, проблемы безопасности и проблемы границ, лежащие в основе регионализации, и определившие как устойчивые линии противостояния, так и тенденции к образованию новых объединений в районе Восточного Средиземноморья с участием местных и внерегиональных акторов. Подробно исследованы противоречия в треугольнике Турция – Греция – Кипр, как в международно-правовой, так и в политической плоскости. Проанализированы политические и экономические проблемы в Израиле, Ливане, Палестине, Египте. Определено воздействие открытия и освоения газовых месторождений на экономические и политические процессы в регионе. Особое внимание уделено исследованию отношений стран Восточного Средиземноморья с внешними акторами: арабскими монархиями, Ираном, ЕС, США, Россией, Китаем. (ИМЭМО РАН).



экономических аспектов международных отношений в районе Восточного Средиземноморья, где пересекаются Европа, Ближний Восток и Северная Африка. На примере интересов и амбиций различных региональных и глобальных игроков авторы предприняли первую в отечественной научной литературе попытку монографического исследования причин и последствий становления Восточного Средиземноморья в качестве особого международно-политического субрегиона. В работе выявлены факторы – энергетический, проблемы безопасности и проблемы границ, лежащие в основе регионализации, и определившие как устойчивые линии противостояния, так и тенденции к образованию новых объединений в районе Восточного Средиземноморья с участием местных и

внерегиональных акторов. Подробно исследованы противоречия в треугольнике Турция – Греция – Кипр, как в международно-правовой, так и в политической плоскости. Проанализированы политические и экономические проблемы в Израиле, Ливане, Палестине, Египте. Определено воздействие открытия и освоения газовых месторождений на экономические и политические процессы в регионе. Особое внимание уделено исследованию отношений стран Восточного Средиземноморья с внешними акторами: арабскими монархиями, Ираном, ЕС, США, Россией, Китаем. (ИМЭМО РАН).



#### 2. Поливач А.П., Гудев П.А. Морские державы 2022: индексы ИМЭМО РАН. – Москва: ИМЭМО РАН, 2022. – 190 с. – ISBN 978-5-9535-0609-0. DOI 10.20542/978-5-9535-0609-0.

Книга представляет собой уникальное издание, подготовленное на основе разработанной в ИМЭМО РАН методологии, в котором приведена система индексов для сравнительной оценки совокупного морского потенциала стран во главе с индексом морской мощи стран. Индекс морской мощи математически является суммой трех индексов:

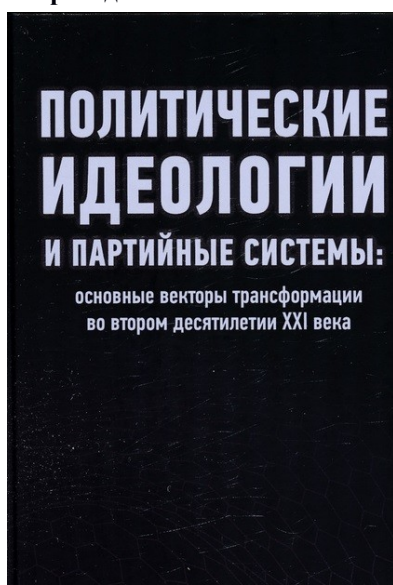
индекса морских ресурсов, индекса морских сил и средств и индекса морской деятельности. В работе указанные показатели рассчитаны для 100 стран мира на основе статистики, характеризующей различные стороны их деятельности в Мировом океане. По итогам исследования 2022 года было выявлено, что темпы роста морской мощи Китая превосходят таковые у США, и это сделало возможным превращение КНР в крупнейшую морскую державу, преимущественно за счёт развития гражданских компонентов морской мощи. Россия продолжает сохранять позицию морской державы номер три, но в значительной степени это обусловлено унаследованным от СССР третьим в мире ВМФ и крупнейшим ледокольным флотом. Подтверждено, что Южная Корея развивается в морской сфере быстрее Японии и в ближайшие годы обгонит её, став морской державой номер четыре. (ИМЭМО РАН).

**3. Современная Франция: между тревогами и надеждами / отв. ред.: М.В. Клинова, А.К. Кудрявцев, П.П. Тимофеев. – Москва: ИМЭМО РАН, 2022. – 256 с. – ISBN 978-5-9535-0605-2. – DOI 10.20542/978-5-9535-0605-2.**



В коллективной монографии впервые в отечественной научной литературе осуществлен комплексный анализ состояния Франции к концу президентского пятилетия Эммануэля Макрона (2017-2022 гг.). В работе исследованы цели и результаты социально-экономической политики президента, расклад и перипетии борьбы партийно-политических сил, место Франции на международной арене и ее отношения с ключевыми центрами силы, военные инициативы Франции при Э. Макроне. Выявлены тенденции развития либерально-технократического курса в экономике, сочетающего механизмы и национализации, и приватизации, направленного на реформирование французской экономической модели, сложившейся еще после Второй мировой войны, и приведение ее в соответствие с реалиями эпохи глобализации. Изучены мероприятия, направленные на повышение инвестиционной привлекательности Франции, расширение свободы действий бизнеса, повышение эффективности управления предприятиями. Исследованы основные мероприятия, проводимые президентом Э. Макроном во внутренней политике, целью которых было укрепление легитимности системы государственного управления посредством повышения ее открытости. (ИМЭМО РАН).

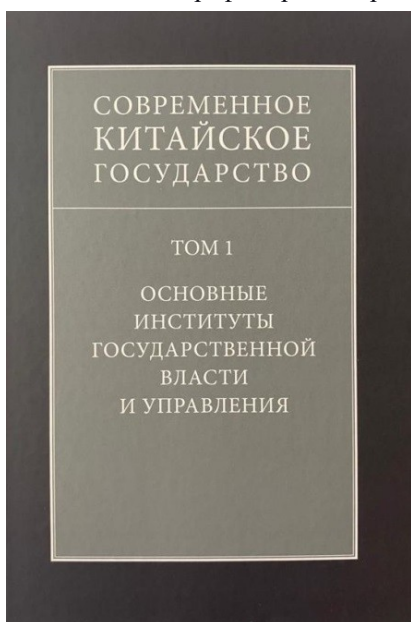
**4. Политические идеологии и партийные системы: основные векторы трансформации во втором десятилетии XXI века / отв. ред. Э.Г. Соловьев; ИМЭМО РАН. – Москва: Идея-Пресс, 2022. – 228 с. – ISBN 978-5-903927-36-4.**



Книга посвящена исследованию трансформации партийно-политических систем в странах Запада, а также изменений, происходящих с «классическими» (консерватизм, социал-демократизм) и «новыми» (инвайронментализм, новые правые, исламизм и др.) политическими идеологиями под влиянием современного этапа глобализации, последствий глобального финансово-экономического кризиса, пандемии коронавируса, трендов ренационализации и идеологизации политики. В работе уделяется внимание анализу

существующих альтернатив большому либеральному наследию и либеральному консенсусу внутри западных обществ, дается оценка их адаптивности и жизнеспособности в условиях современного турбулентного, насыщенного противоречиями кризисного мира. Определено воздействие пандемии COVID-19 на формирование современных идеологических трендов и на расстановку политических сил в ряде стран Европы. Установлено, что пандемия обострила накопившиеся экономические и политические проблемы, а ее последствия стали одним из факторов роста социально-политической напряженности и протестной активности в целом ряде стран мира. При этом бенефициаром постковидной политической ситуации становятся пока главным образом популистские политические силы. (ИМЭМО РАН).

**5. Современное китайское государство / гл. ред. А.В. Виноградов; Ин-т Дальнего Востока РАН. — М. : РАН, 2022— . — ISBN 978-5-907366-55-8. Т. 1 : Основные институты государственной власти и управления / редколл. А.В. Виноградов (гл. ред.) и др.; Ин-т Дальнего Востока РАН, Ин-т востоковедения РАН. — М.: РАН, 2022. — 903 с. — ISBN 978-5-907366-57-2 (в пер.). DOI: 10.48647/IFES/2022.22.76.029**



В монографии рассматриваются основные институты государственной власти и управления в современном Китае — история, структура, полномочия и функции органов законодательной, исполнительной, судебной и недавно сформированной контрольной власти, их связи и взаимодействие; проанализированы система государственной службы, подбора и аттестации государственных чиновников, деятельность органов местного самоуправления и органов власти в национальных автономиях различного уровня, органов образования и культуры, управления религиозными общинами и спортом, эволюция административно-территориального деления и развитие демографической ситуации в КНР. Книга предназначена для китаеведов, востоковедов, студентов, изучающих современный Китай и политические системы зарубежных государств, специалистов по сравнительной политологии и праву. Монография знакомит с опытом государственного строительства в Китае периода реформ и может представлять интерес для федеральных и региональных органов власти России. (ИКСА РАН)

**6. Россия—Китай: отношения на рубеже 20-летия “Большого договора” / отв. ред. А.С. Давыдов, С.В. Уянаев; Рос. акад. наук; Ин-т Китая и совр. Азии РАН. — М.: ИКСА РАН, 2022. — 208 с. ISBN 978-5-8381-0439-7. DOI 10.48647/IFES.2022.15.52.005**



В центре внимания коллективной монографии находятся наиболее важные аспекты международного курса Китая, связанные, в частности, с американским, европейским, азиатским направлениями, а также характерные черты насыщенного российско-китайского диалога, который в 2021 г. проходил на фоне 100-летия Компартии Китая и 20-летнего юбилея двустороннего Договора о добрососедстве, дружбе и сотрудничестве. Авторы

предприняли попытку проанализировать приоритеты современной дипломатической активности КНР и проследить на этом фоне состояние и перспективы российско-китайского взаимодействия в политической, экономической и других областях, а также в сфере международной политики. Наряду с достижениями авторы обращают внимание и на “узкие места” двустороннего диалога, формулируют ряд выводов и предложений, основанных на рассмотрении российско-китайских отношений как фактора, способного содействовать внутреннему развитию Российской Федерации, как прагматичного рычага укрепления ее международных позиций. (ИКСА РАН) (ИКСА РАН)

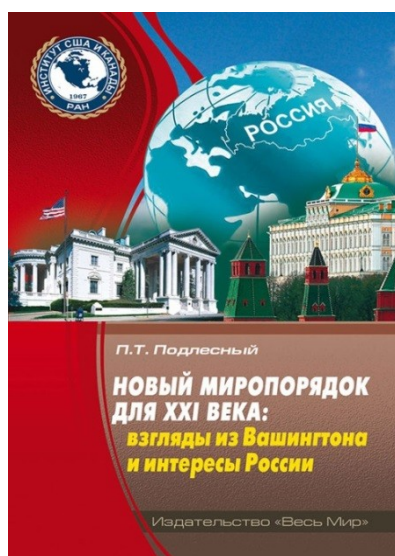
7. Самуйлов С.М. Трамизм: раскол общества и элиты. М.: Весь мир, 2022. – 234 с. ISBN 978-5-7777-0887-8



нации. (ИСКРАН)

Определены фундаментальные причины раскола внутри американской политической элиты, возникновения беспрецедентной политической поляризации в новейшей истории США в контексте президентства Д. Трампа. Сформулированы основные характеристики такого явления как «трамизм», изучены перспективы устойчивости данного политического течения во внутренней политике США. Выявлены долгосрочные последствия вызовов американскому истеблишменту со стороны Д. Трампа и его сторонников. Показана роль 45-го президента США в росте националистических идей в США. Проведен сравнительный анализ попыток делегитимации Д. Трампа со стороны американского политического истеблишмента. Дана общая оценка перспектив дальнейшего раскола и размежевания американской

8. Подлесный П.Т. Новый миропорядок для XXI века: взгляды из Вашингтона и интересы России. М.: Весь мир, 2022. – 218 с. ISBN 978-5-7777-0869-4



(ИСКРАН)

Проведён анализ американских концепций нового миропорядка для XXI века. Рассмотрены оценки роли США в контексте вызовов американскому военному, экономическому и технологическому лидерству в мире, а также продолжающихся перемен в балансе сил в нынешний исторический период. Выявлены ключевые факторы устойчивости существующего «либерального мирового порядка». Дана оценка идеям «более многополярного мира», в создании которого важную роль должны сыграть новые глобальные центры силы – Китай, Россия, Индия, а также региональные державы типа Ирана, Турции. Определены цели, мотивы и перспективы проводимой США политики «нового сдерживания» России. Дана оценка роли отношений в треугольнике США – Китай – Россия в строительстве современной архитектуры глобальной политики.

## 9. Сотрудничество участников Евразийского экономического союза со странами Африки /

Отв. ред. Волков С.Н., Дейч Т.Л., Константинова Н.В. – М.:

Институт Африки РАН, 2022. – 236 с. ISBN 978-5-91298-284-2



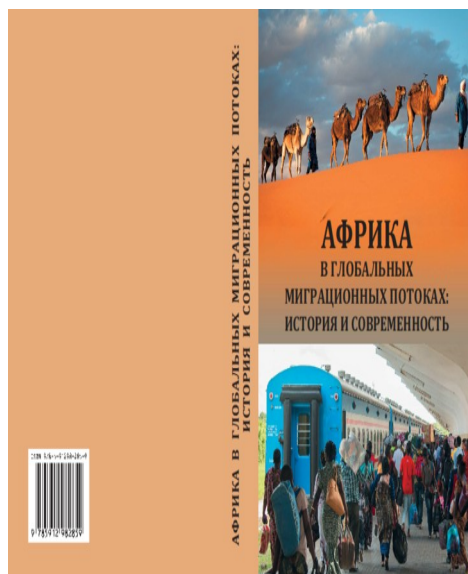
Книга «Сотрудничество участников Евразийского экономического союза со странами Африки» посвящена высокоактуальной, но малоисследованной теме – отношениям ЕАЭС с африканскими государствами в условиях, когда два члена Союза – Россия и Белоруссия – подверглись жестким санкциям коллективного Запада. Авторы анализируют состояние и намечают перспективы укрепления связей с Африкой, не присоединившейся к антироссийским санкциям. Тема ЕАЭС - Африка впервые стала объектом комплексного научного анализа, а выводы и рекомендации авторов – конкретным

вкладом российских африканистов в решение практических задач развития отечественной экономики и подъема благосостояния населения в новых геополитических условиях. Изучены институциональные основы отношений ЕАЭС с Африканским союзом, африканскими интеграционными объединениями и отдельными странами; выделены перспективные направления сотрудничества – инфраструктура и сельское хозяйство; рассмотрена возможность новых форм взаимодействия. (ИАФР РАН)

## 10. Африка в глобальных миграционных потоках: история и современность / Отв. ред. С.В.

Костелянец. – М.: Институт Африки РАН, 2022. – 378 с. ISBN 978-5-91298-285-

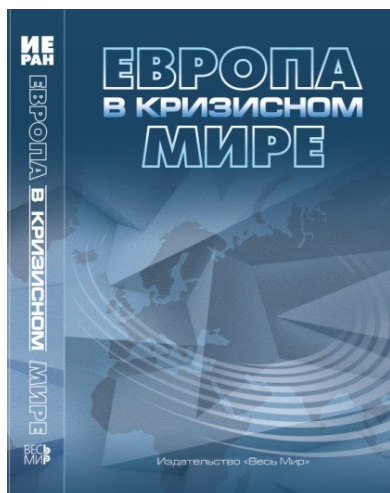
Тема миграций обретает всё большее значение в мире в связи с ускорением этого процесса и ростом



его влияния на глобальное, региональное и страновое развитие. В монографии «Африка в глобальных миграционных потоках: история и современность» анализируются исторические предпосылки и причины расширения в первые десятилетия XXI в. внутренних, трансграничных и международных миграционных потоков африканцев, рассматриваются социально-экономические и политические факторы «выталкивания» жителей континента из стран их происхождения в государства с более высоким уровнем жизни, даётся оценка различным моделям взаимоотношений между мигрантами и принимающими сообществами. Исследуются процессы формирования африканских диаспор в США, Китае и Великобритании, а также неафриканских общин – в Африке. (ИАФР РАН)

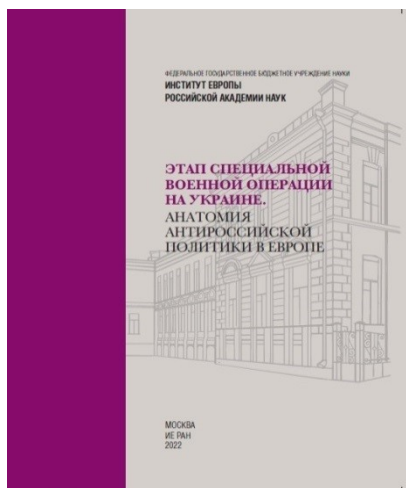
## 11. Европа в кризисном мире: [Коллективная монография] / [Ал.А. Громыко и др.; отв. ред.

Ал.А. Громыко]; Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Ин-т Европы Российской акад. наук. – М.: ИЕ РАН: Издательство «Весь Мир», 2022. – 380 с. ISBN 978-5-98163-193-1 (ИЕ РАН) ISBN 978-5-7777-0895-3 (Весь Мир) DOI 10.55604/9785777708953



В монографии ИЕ РАН представлен междисциплинарный анализ современных кризисных явлений в Европе и мире. Авторы обращаются к проблемам трансформации современных международных отношений, противостояния ключевых международных игроков, влияния процессов дефрагментации на макрополитическую и социально-экономическую ситуацию. Исследованы политические последствия пандемии коронавируса, внутрирегиональная торговля ЕС, европейский «зелёный курс» и климатическая повестка. Рассмотрена проблематика социальной стратификации европейских обществ и их конфликтный потенциал. Изучена кризисная ситуация в сфере европейской безопасности, новые подходы и национальные стратегии кибербезопасности, интеграционные перспективы Союзного государства России и Беларуси и Евразийского экономического союза. Исследование демонстрирует, что центробежные процессы на глобальном уровне, сталкиваясь с центростремительными на региональном, формируют большой набор конфигураций межгосударственных взаимодействий с опорой на различные сочетания прагматизма и идеологических подходов. (ИЕ РАН)

**12. Этап специальной военной операции на Украине. Анатомия антироссийской политики в Европе: [монография] / [А.А. Громыко (рук.), А.С. Айвазян и др.] – М.: Ин-т Европы РАН, 2022. – 194 с. – (Доклады Института Европы / Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Ин-т Европы Российской акад. наук; № 390).**



Коллективная монография представляет собой результат труда историков, политологов, экономистов Института Европы РАН с участием приглашенных учёных. Главная цель исследования – дать максимально полную и объективную картину событий, развернувшихся в Европе после признания Российской Федерацией независимости Донецкой Народной Республики и Луганской Народной Республики и объявления Президентом РФ специальной военной операции на Украине с целью защиты граждан ДНР и ЛНР, а также демилитаризации и денацификации Украины. Монография содержит анализ реакции на указанные выше решения со стороны органов Европейского союза, НАТО, Совета Европы, ведущих государств Западной Европы, ряда стран – партнёров РФ по СНГ, а также руководства Русской православной церкви. (ИЕ РАН)

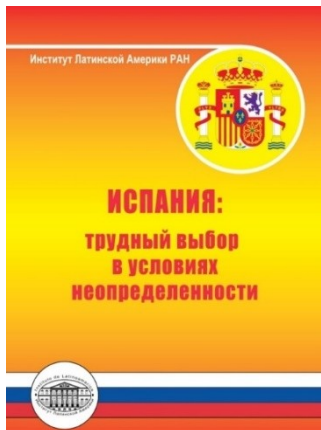
**13. Латинская Америка: политический ландшафт на фоне турбулентности - М.: ИЛА РАН, 2022. - 586 с. ISBN 978-5-6047185-1-3 Ответственный редактор З.В. Ивановский**



В книге анализируются политические изменения в Латинской Америке, происходившие на фоне массовых социальных протестов и пандемии коронавируса. В страновых разделах дается картина последних электоральных процессов. Предложена авторская интерпретация и типология политических

режимов региона. Показана современная расстановка политических сил в различных государствах и на континенте в целом. Издание рассчитано на политологов, специалистов по конституционному и избирательному праву, социологов, журналистов и политиков-практиков. (ИЛА РАН)

**14. Испания: трудный выбор в условиях неопределенности. – М., ИЛА РАН, серия «Саммит», 2022. – 198 с. ISBN 978-5-6047185-0-6 Ответственный редактор серии член-корреспондент РАН В.М. Давыдов**



Очередной выпуск – третье по счету издание, посвященное Испании, из серии «Саммит», подготовленное экспертами Института Латинской Америки РАН. В работе поставлены задачи выявить трудности политического и социально-экономического развития страны, которая находится сегодня перед выбором траектории своего развития в период «неопределенности»; прочертить внешний экономический и политический вектор; определить ориентиры и специфику сотрудничества с Российской Федерацией. Издание рассчитано на практиков, причастных к принятию решений высокого уровня.

(ИЛА РАН)

# Историко-филологические науки

## О состоянии и перспективах развития отечественной историко-филологической науки

Гуманитарные науки в России играют важнейшую роль в формировании гражданского общества, образовании и воспитании личности человека. Академический характер гуманитарного знания в нашей стране определяется историей Российской академии наук, чей 300-летний юбилей будет отмечаться в 2024 г. Начиная с М.В. Ломоносова, первого учёного мирового масштаба, имевшего российское происхождение, академики-гуманитарии внесли значительный вклад в развитие исторических дисциплин, археологии, литературоведения, языкознания, в изучение культуры и истории народов России и зарубежных стран.

2022 год стал переломным для Российской Федерации в плане обеспечения национальной безопасности и суверенитета, потребовав усилий не только в политической, экономической, военной сферах, но и в гуманитарной. Со всей очевидностью подтвердился тот факт, что без академических исследований, направленных на осмысление событий и фактов прошлого, а также исторических процессов в целом, невозможно понимание настоящего – происходящих событий и появления различных явлений в области культуры. Именно труды историков и учёных-гуманитариев в целом являются фундаментом в практической работе по формированию гражданского сознания россиян, поддержке исторической и культурной памяти «Русского мира». Это показала, в частности, состоявшаяся 4 ноября 2022 г. встреча Президента РФ В.В. Путина с историками и представителями традиционных религий России. На ней присутствовали несколько членов Отделения историко-филологических наук РАН и представителей академических исторических институтов – академик-секретарь ОИФН РАН академик РАН Н.А. Макаров, научный руководитель Института всеобщей истории РАН, академик РАН А.О. Чубарьян, директор Института российской истории РАН д.и.н. Ю.А. Петров. По итогам встречи был сформирован ряд поручений, в реализации которых сотрудники институтов, находящихся под научно-методическим руководством ОИФН РАН, должны будут принять и уже принимают самое активное участие: поставлена задача разработки механизмов популяризации в молодёжной среде современных научных знаний, связанных с историей России; идёт подготовка материалов к проведению второго саммита «Россия-Африка»; необходимо будет осуществить научные исследования по истории зарождения, развития и о последствиях колониальной политики европейских государств на территории Африканского континента и других регионов мира.

Достоверность исторического знания становится одним из самых значимых вопросов не только академической науки, но и идеологической борьбы. В настоящее время уже недостаточно противостоять паранаучным и дилетантским версиям прошлого; намеренная фальсификация истории, её переписывание, в том числе по самым судьбоносным мировым событиям XIX и XX столетий, а также более раннего времени, становятся инструментом политического давления на Россию, питательной средой для националистических движений как внутри страны, так и за её пределами, социально дестабилизирующим фактором в развитии государства и союзнических отношений с соседними странами.

2022 год был «Годом культурного наследия народов России». Исследования академических учёных в области археологии, народных традиций, фольклора, литературы, языка по своей сути соответствовали целям и задачам Года, популяризируя народное искусство, сохраняя культурные традиции, памятники истории и культуры, этнокультурное многообразие и культурную самобытность всех народов и этнических



общностей, проживающих в стране. Это подтверждается выдающимися достижениями академической науки 2022 г. – археологическими исследованиями на древнерусском селище Чаадаево-5 вблизи Муром и Новгородском (Рюриковом) городище, публикациями результатов изучения традиционных культур народов Арктики, фольклорных памятников и материалов по языкам народов России.

Для 2022 г. оставалась актуальной задача создания информационных ресурсов, в том числе на основе Big Data, которые могут выполнять инструментальную роль в процессе анализа различного рода данных. Подобного рода информационные системы развивались и создавались лингвистами, историками, литературоведами в тесной коллаборации со специалистами в области информационных технологий. Особое место среди них занимает «Национальный корпус русского языка», разработанный Институтом русского языка им. В.В. Виноградова РАН (руководитель – академик РАН В.А. Плунгян), объём которого в 2022 г. достиг 1,5 млрд. словоформ.

В 2022 г. научными институтами Москвы, Санкт-Петербурга, Сибирского, Уральского и Дальневосточного отделений РАН, региональных научных центров, находящихся под научно-методическим руководством ОИФН РАН, был реализован целый ряд издательских проектов. Как и в предыдущие годы были выпущены десятки различных книг – монографические исследования (индивидуальные и коллективные), сборники статей и архивных материалов, энциклопедии, справочные издания, словари. Научные журналы, выпускаемые институтами, были и остаются одной из главных площадок обсуждения наиболее актуальных проблем в гуманитарных науках. Наиболее крупные проекты выполняются большими научными коллективами, объединяющими академические институты, научные центры и вузы. Так, осуществлено издание трёх книг в серии «История письма европейской цивилизации» по одноименному проекту, осуществленному Санкт-Петербургским институтом истории РАН и возглавляемым им консорциумом академических учреждений, в который вошли Институт русской литературы (Пушкинский Дом) РАН, Библиотека академии наук и Санкт-Петербургский филиал Архива РАН (руководитель проекта – чл.-корр. РАН А.В. Сиренов). Не менее значимой работой является коллективная монография «История Колумбии с древнейших времён до начала XXI», подготовленная большим коллективом авторов в Институте всеобщей истории РАН, а также целый ряд других изданий.

14 июня 2022 г. состоялось заседание Президиума РАН, посвящённое 350-летию со дня рождения Петра I. Доклады членов ОИФН РАН – чл.-корр. РАН А.В. Головнёва, чл.-корр. РАН И.В. Тункиной, чл.-корр. РАН А.В. Сиринова и других участников заседания позволили констатировать, что фундаментальные исследования российских историков, посвящённые петровской эпохе, демонстрируют тематическую многогранность, источниковое разнообразие, методологическое новаторство в изучении личности Петра I и его сподвижников, осмыслении культуры России рубежа XVII-XVIII веков и первого этапа становления академической науки в нашей стране, обратив внимание на значимость Российской академии наук в развитии и укреплении российской государственности. Ранее, 31 марта 2022 г., эти и другие темы были апробированы на Научной сессии ОИФН РАН «Пётр Первый и его эпоха в истории и культуре России».

7 декабря 2022 г. прошла Научная сессия Отделения историко-филологических наук РАН «100-летие СССР в современном научном осмыслении». В ней приняли участие историки, этнологи, лингвисты, литературоведы. В докладах основное внимание было сосредоточено на первых десятилетиях существования СССР, определивших сложную и противоречивую судьбу государства в его семидесятилетней истории.

В рамках заседания семинара ОИФН РАН «Гуманитарные чтения» (руководитель – академик РАН Н.Н. Казанский), состоявшегося 22 апреля 2022 г., были заслушаны и обсуждены доклады, посвящённые

эпидемиям и пандемиям в мировой истории – от античности до новейшего времени.

В связи с общей международной ситуацией в академических институтах, находящихся под научно-методическим руководством ОИФН РАН, значительно сократились контакты с научными организациями и университетами стран Европы, Северной Америки и Австралии. При сохранении личного общения, к сожалению, по инициативе западноевропейских коллег была прекращена организационная подготовка почти всех международных научных форумов, которые должны были состояться в 2022-2023 гг. в России, также они приостановили действие многих соглашений с российскими академическими институтами.

Тем не менее, в 2022 году состоялся ряд важных международных научных конференций. Одна из наиболее представительных по составу зарубежных участников – «Учебник истории для будущего. Новый взгляд», прошедшая в Санкт-Петербурге 29-30 сентября 2022 г. (сопредседатели оргкомитета – академик РАН О.А. Чубарьян, чл.-корр. РАН А.В. Сиренов) Конференция была организована Институтом всеобщей истории РАН и Санкт-Петербургским институтом истории РАН совместно с Российским историческим обществом, Институтом перспективных исторических исследований (Ассоциация «ИПИИ»), Всероссийской общественной организацией «Ассоциация учителей истории и обществознания». В ней приняли участие известные историки, авторы школьных учебников из России и стран СНГ, а также Африки, Азии и Европы (Болгарии, Сербии, Алжира, Камеруна, Танзании, ЮАР, Индии, Ирана, КНР, Турции, Армении, Белоруссии, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана). Был обсуждён широкий спектр тем – соотношение отечественной и всемирной истории в учебниках и программах, способы построения программ и концепций преподавания истории в школе, методы и принципы создания современного учебника истории, взаимная репрезентация в школьных учебниках и программах, формирование исторической памяти через преподавание истории в школе, история глобальных конфликтов в школьных учебниках. По итогам конференции было принято решение о создании международной рабочей группы, которая займётся разработкой методических рекомендаций для учителей средней школы в разных странах мира по преподаванию конкретных тем всемирной истории. Она станет площадкой для развития международного сотрудничества и модернизации методов преподавания истории в средней школе.

В 2022 г. произошло значительное усиление взаимодействия историков и филологов России с учёными из стран постсоветского пространства, что проявилось в целом ряде состоявшихся научных форумов. Для российских исследователей это крайне важно, так как интересы народов стран СНГ, наше общее историческое прошлое является основой для успешного развития гуманитарных наук. Взаимовыгодное сотрудничество проявляется в обогащении источниковой базы, совершенствовании исследовательской методологии, формировании нового поколения учёных.

В этом отношении особенно важным представляется проведение Международной летней школы молодых учёных-историков стран СНГ «СССР 1922-1991 гг.: культурные трансформации в историческом контексте» (Москва, 17-23 октября 2022 г.), организованной Институтом всеобщей истории РАН и Международной ассоциацией (комиссией) историков и архивистов государств-участников СНГ (председатель оргкомитета – академик РАН О.А. Чубарьян, зампреда оргкомитета – чл.-корр. РАН М.А. Липкин). В работе школы приняли участие в общей сложности около 100 молодых историков и преподавателей, представляющих ведущие научные и образовательные центры исторического профиля Армении, Белоруссии, Казахстана, Кыргызстана, Российской Федерации, Таджикистана и Узбекистана. В центре их внимания оказались проблемы, связанные с особенностями культурной жизни и культурной политики в СССР на разных этапах его существования. Особое место в ходе работы школы также заняли вопросы, касающиеся специфики и механизмов развития национальных культур, их взаимодействия и

взаимопроникновения, благодаря чему школа тематически расширилась за пределы исторического знания, обратившись к широкому спектру общегуманитарных вопросов.

В качестве центрального концепта прошедшей школы выступила идея о том, что, несмотря на значительное воздействие партийной и государственной идеологии, а во многих отношениях и вопреки ему, советская культура не превратилась исключительно в послушный инструмент пропаганды и официоза, и смогла реализовываться в виде всемирно признанных шедевров, открытий и рекордов, появление которых было немислимо без взаимодействия и взаимовлияния различных национальных компонентов.

Практика проведения летних школ молодых учёных-историков стран СНГ с привлечением и исследователей по другим гуманитарным специальностям имеет большую научно-образовательную и общественно-политическую значимость, так как представляет собой один из шагов по развитию широкой и согласованной системы популяризации объективных исторических и гуманитарных знаний на всём пространстве Содружества.

Если же говорить о сотрудничестве с учёными из европейских стран, то здесь необходимо отметить следующее. Контакты с ними поддерживаются на личном уровне, кроме того, продолжаются совместные работы в рамках Международного комитета славистов (председатель Национального комитета славистов России – заместитель академика-секретаря ОИФН РАН академик РАН А.М. Молдован) в Комиссии Общеславянского лингвистического атласа, в Комиссии по фольклористике и др. К концу 2022 г. успешно завершён совместный российско-болгарский проект по изучению болгар в Урало-Сибирском регионе, осуществлённый Институтом гуманитарных исследований Пермского ФИЦ УрО РАН под руководством чл.-корр. РАН А.В. Черных, по результатам которого подготовлена коллективная монография «Болгары Урала и Сибири: очерки истории и этнографии» (Пермь, 2022). Всё это свидетельствует об авторитете российской гуманитарной академической науки в мире и её востребованности.

## **Важнейшие результаты исследований в 2022 году**

### **Секция истории ОИФН РАН**

#### ***Археологические исследования***

##### **1. Археологические исследования на древнерусском селище Чаадаево 5**

В процессе строительства скоростной автомагистрали Москва – Казань Институтом археологии РАН проведены спасательные раскопки на древнерусском селище Чаадаево 5 (Рис. 208). Площадь всего памятника составляет 3,5 га, что равно площади, изученной археологическими методами: впервые археологам удалось исследовать целое, непо потревоженное древнерусское селище на такой огромной территории. Поселение – одно из ярких свидетельств освоения древнерусским населением Нижнего Поочья в начале XII столетия. Наличие крупных усадебных комплексов, предметов грамотности, воинского снаряжения, находок, связанных с православным культом (Рис. 209), свидетельствует об особом статусе селища, которое, вероятно, имело административные функции и было напрямую связано со стольным Муромом, расположенным в 7 км от него.

Раскопки обеспечили сохранение яркого памятника древнерусской культуры при реализации крупнейшего строительного проекта 2022 г. (ИА РАН; руководитель исследовательского коллектива – к.и.н. О.В. Зеленцова)

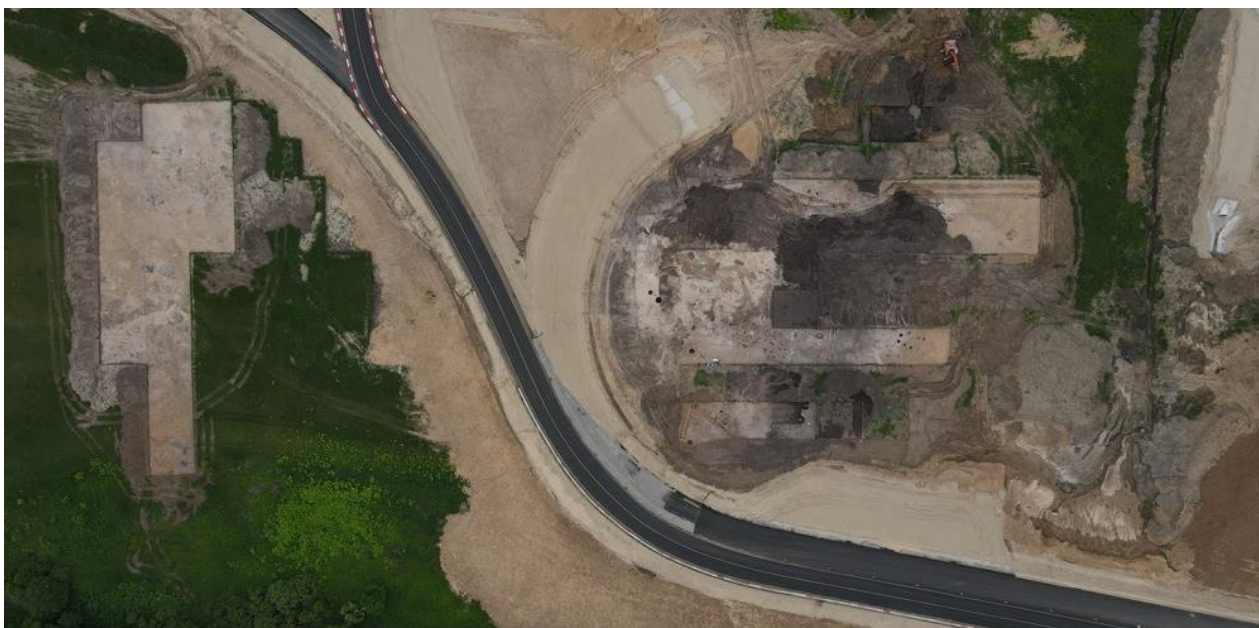


Рис. 208. Общий вид раскопок древнерусского селища Чаадаево 5



Рис. 209. Находки на древнерусском селище Чаадаево 5: железные изделия с инкрустацией, крестики-тельники, фрагмент створки энколпиона, подвески

## 2. Древнейшие деревоземляные укрепления и приход Рюрика

В последние годы Новгородской областной экспедицией ИИМК РАН сделаны важные открытия (Рис. 210) на Новгородском (Рюриковом) городище, расположенном в 2 км южнее Великого Новгорода в истоке р. Волхов. Впервые удалось получить достоверные данные о характере и конструктивных особенностях древнейших деревоземляных укреплений, окружавших возвышенную мысовую часть поселения. Изученное оборонительное сооружение является одним из древнейших на территории Древней Руси, а поэтому имеет исключительную важность для изучения истории становления традиций древнерусского крепостного строительства.

В процессе исследования крепости были получены многочисленные спилы с дубов из оборонительных конструкций, в результате их перекрестного датирования с выборкой образцов из ранних слоев Новгорода (X-XI вв.) в Лаборатории дендрохронологии Новгородского государственного музея-заповедника была получена документальная дата строительства крепости – 862 г. Её сенсационность в том, что она полностью совпала с датой, указанной в вводной части «Повести временных лет». По легенде,

варяжский князь Рюрик в 862 г. был призван на Русь новгородскими словенами, кривичами, весью и чудью. Этот год стал годом «начального события российской государственности», получившим официальный статус 21 августа 1852 г. Указом императора Николая I. (ИИМК РАН; руководитель исследовательского коллектива – д.и.н. Н.В. Хвошинская)



Рис. 210. Оборонительное сооружение, открытое на Новгородском (Рюриковом) городище

#### *Отечественная история*

**1. Ивченко Л.Л. Кутузов: Историко-психологический портрет. М.: Квадрига, 2022. 624 с.: илл. (Исторические биографии). ISBN 978-5-91791-452-7 (Рис. 211)**

В книге представлен историко-психологический портрет М.И. Кутузова, которого современники называли не иначе, как «Спаситель Отечества». Весной 1813 года император Александр I направил вдове генерал-фельдмаршала рескрипт со словами: «Благодарное Отечество не забудет никогда заслуг его. Европа и весь свет не престанут ему удивляться и внесут имя его в число знаменитейших полководцев». Местом упокоения М.И. Кутузова стал Казанский собор в центре Санкт-Петербурга, и более никто не был удостоен подобной чести. В его судьбе – две победоносных кампании. В октябре 1811 года он разбил и окружил армию великого визира на Дунае, положив конец Русско-турецкой войне 1806-1812 годов. Та же участь постигла армию Наполеона в ходе параллельного преследования и сражений под Вязьмой, Красным, на Березине. Кутузов сложился как личность и полководец в царствование Екатерины II. В непростое время на грани веков между крушением «старого света» и рождением новой Европы он вошёл с солидным багажом знаний, навыков и опыта, которые сумел применить на пользу Отечеству. (Институт российской истории РАН; автор – к.и.н. Л.Л. Ивченко)

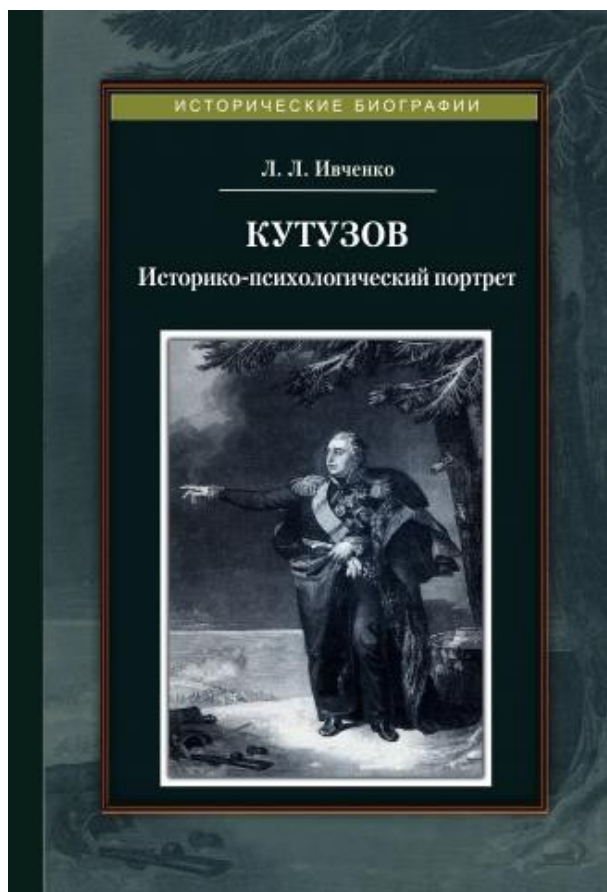


Рис. 211. Ивченко Л.Л. «Кутузов: Историко-психологический портрет». М.: Квадрига, 2022

**2. Аманжолова Д.А., Дроздов К.С., Костырченко Г.В., Красовицкая Т.Ю. Советская федерация: от империи к модерности. 1917-1941 гг. М.: Центр гуманитарных инициатив, 2022. 832 с. ISBN 978-5-98712-330-0 (Рис. 212)**

В монографии с учётом новейших исследований и на солидной источниковой основе анализируются проблемы формирования советской федерации в 1917-1941 гг., обеспечившей модернизационный скачок для всех народов СССР. Авторы рассматривают амбивалентный процесс создания и развития Советского Союза сквозь призму взаимоотношений центра и этнополитических элит, уделяя особое внимание специфике конструирования наций, характеру и способам обеспечения устойчивости государства и управления. Смысл и значение советского федерализма оцениваются в контексте трансформации имперской государственности. Отдельное место занимают проблемы функционирования РСФСР как крупнейшей федеративной республики, характер политики в отношении национальных меньшинств. Анализируются дискуссионные вопросы концепта «советский народ».

(Институт российской истории РАН; руководитель авторского коллектива: Д.А. Аманжолова)

**Советская Федерация:  
от империи к модерности.  
1917–1941 гг.**

Д.А. Аманжолова, К.С. Дроздов, Г.В. Костырченко, Т.Ю. Красовицкая



Рис. 212. Аманжолова Д.А., Дроздов К.С., Костырченко Г.В., Красовицкая Т.Ю. Советская федерация: от империи к модерности. 1917-1941 гг. М.: Центр гуманитарных инициатив, 2022

**Всеобщая история**

**1. Проект «История письма европейской цивилизации»**

В 2020-2022 гг. Санкт-Петербургский институт истории РАН и возглавляемый им консорциум академических учреждений (ИРЛИ РАН, БАН и СПбФ АРАН) осуществлял работу в рамках проекта «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» по теме «История письма европейской цивилизации» (Министерство образования и науки РФ проект № 075-15-2020-786). Результат работы – три публикации, объединенные в одну серию – История письма европейской цивилизации (Рис. 213):

*История письма от античности до Нового времени. Очерки по эпиграфике, палеографии и дипломатике / сост. В.Г. Вовина-Лебедева; Санкт-Петербургский ин-т истории РАН. – Санкт-Петербург, 2022. – 592 с.: (История письма Европейской цивилизации). ISBN 978-5-98874-212-8*

Коллективная монография «История письма от античности до Нового времени. Очерки по эпиграфике, палеографии и дипломатике» показывает письменную традицию Европы как единый процесс развития культуры, технологий, эстетики, социальных механизмов от античности к Новому времени. Наибольшее внимание уделено развитию приёмов и типов письма. Первая часть посвящена эпиграфике, вторая часть – рукописным традициям.

*Рукописная книга в восточнославянских землях: Палеографические очерки и альбом рукописей БАН / отв. ред. М.В. Корогодина; авторы-сост. Жуков А.Е., Корогодина М.В., Подковырова В.Г. СПб., 2022 – 592 с.: (История письма Европейской цивилизации). ISBN 978-5-98874-213-8*

Данная книга охватывает историю письма в славянских землях от возникновения кириллицы и

глаголицы до начала XVIII в. Исследование выполнено на материале рукописных книг, хранящихся в Библиотеке Российской академии наук, и сосредоточено преимущественно на восточнославянских землях. В книге рассматриваются вопросы эволюции устава и полуустава, возникновения скорописи, связи между печатной и рукописной книгой, своеобразия рукописных традиций Московского государства и Речи Посполитой. К исследованию прилагается аннотированный альбом, в котором содержатся описания рукописных памятников и более 400 иллюстраций.

*Маркелов Г.В., Панченко Ф.В. Художественное убранство поморских рукописных книг XVIII–XIX веков. По материалам Пушкинского Дома. Исследования. Каталог. Альбом. – СПб: Издательство Пушкинского Дома. 96 + 252 с.: илл. – ISBN 978-5-87781-087-7*

Издание посвящено художественной орнаментике рукописных книг, – малоизученному аспекту истории отечественного книгописания, в частности рукописям, создававшимся на протяжении XVIII–XIX вв. в Выголексинском старообрядческом поморском общежительстве. Поморская книжная орнаментика – высшее достижение древней рукописно-книжной традиции в России. В альбоме воспроизведено около 800 образцов виртуозного книжного убранства, хранящегося в фондах Древлехранилища Пушкинского Дома, собранных в экспедициях по Русскому Северу. Материалы альбома подвергнуты исследованию и каталогизации, объяснено происхождение и источники рукописного орнамента, создан подробный справочный аппарат. (СПБНИ РАН, ИРЛИ РАН, БАН, СПбФ АРАН; руководитель проекта: – член-корреспондент РАН А.В. Сиренов)



Рис. 213. Издания по проекту «История письма европейской цивилизации»

**2. История Колумбии с древнейших времен до начала XXI / Отв. ред. А.А. Щелчков, З.В. Ивановский. М.: Наука, 2022. 740 с. ISBN 978-5-02-040883-8 (Рис. 214)**

Книга охватывает более двух тысячелетий колумбийской истории: от древней цивилизации чибча-муисков до начала XXI века. В ней на основе широкого круга источников, часть которых впервые вводится в научный оборот, рассматриваются основные этапы развития колумбийской истории и культуры, войны за независимость, формирование традиционных, либеральной и консервативной, партий, причины и ход внутригражданских конфликтов, эволюция идейно-политических течений, развитие рабочего и крестьянского движений, проблемы насилия в формировании колумбийской идентичности и политической системы страны. Большое внимание уделено исторической биографии, жизни и борьбе известных политических деятелей, писателей и философов. (Институт всеобщей истории РАН; руководитель



авторского коллектива: д.и.н. А.А. Щелчков)

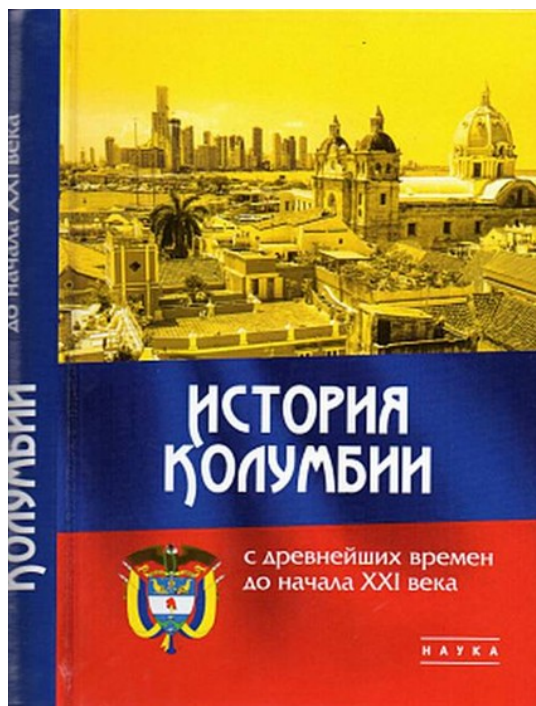


Рис. 214. История Колумбии с древнейших времен до начала XXI / Отв. ред. А.А. Щелчков, З.В. Ивановский. М.: Наука, 2022

#### *Антропология и этнология*

1. Давыдов В.Н., Давыдова Е.А., Гончаров Н.С. Энергия Арктики: этнографическое измерение. СПб. : Издательство МАЭ РАН, 2022. ISBN 978-5-88431-412-2 (Рис. 215)

Для современной России актуальна проблема выбора направления путей модернизации и поиска новых источников энергии и энергосберегающих технологий в Арктике. В связи с этим становится важным исследование используемых локальными сообществами ресурсов, а также процесса адаптации жителей Севера к социально-экономическим и экологическим изменениям. Создание общей картины энергетики связей местного населения с природным ландшафтом с выявлением адаптивных возможностей таких сообществ интегрироваться в меняющуюся региональную социально-экономическую среду представляет собой актуальную задачу в условиях нарастающих темпов освоения российской Арктики. В данной монографии авторы на примере собственных полевых исследований на Таймыре, в северной Якутии и на Чукотке рассмотрели на микроуровне, каким образом местные жители получают, распределяют и сохраняют ресурсы, необходимые им для потенциала действия. Основная задача книги – исследование энергетических процессов в масштабе, соизмеримом с отдельным человеком и его повседневными практиками.

Работа адресована этнографам, социальным антропологам, социологам, культурологам, географам, историкам, археологам, североведам, а также широкому кругу читателей. (МАЭ РАН; руководитель авторского коллектива: В.Н. Давыдов)

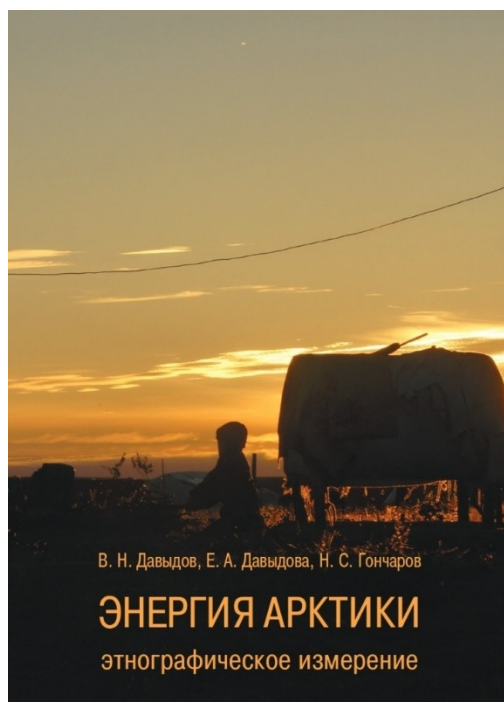


Рис. 215. Монография: Давыдов В.Н., Давыдова Е.А., Гончаров Н.С. Энергия Арктики: этнографическое измерение. СПб.; Издательство МАЭ РАН, 2022

## 2. Научные публикации материалов Архива ЯНЦ СО РАН (Фонд А.А. Саввина).

В 2022 г. изданы две авторские рукописи известного этнографа А.А. Саввина как продолжение издательского цикла, основанного Институтом гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера ФИЦ ЯНЦ СО РАН (ИГИиПМНС СО РАН) с целью введения в широкий научный оборот уникальных материалов, хранящихся в Рукописном отделе Архива Якутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (Рис. 216).

*Верхоянские якуты: материалы Северной экспедиции А.А. Саввина (1939–1940 гг.) / сост. Н.К. Данилова; отв. ред. Н.И. Попова; редколл.: Р.И. Бравина [и др.]; – Якутск: ИЦ НБ РС (Я), 2022. – 234 с. ISBN 978-5-6046489-0-2.*

В издание вошли материалы, записанные А.А. Саввиным в Верхоянском районе во время Северной экспедиции 1939-1940 гг. Фольклорные и этнографические тексты, описание диалектных особенностей верхоянских якутов сопровождаются обзорными научными статьями, комментариями, указателями, фотоиллюстрациями.

*Саввин А.А. Гончарное ремесло у якутов / под общ. ред. Е.Н. Романовой, Н.К. Даниловой; - Якутск: ИЦ НБ РС (Я), 2022 - 128 с. ISBN 978-5-91441-367-2.*

Вторая книга посвящена гончарному ремеслу якутов, являющемуся технологическим кодом культуры якутов, которая в серии трудов А.А. Саввина, начиная с «Пищи якутов до развития земледелия» (2005), представлена в единстве материального и духовного. Впервые собран и описан материал по якутскому гончарству, даны стадии и процедуры изготовления горшка и связанный с ним комплекс магико-религиозных представлений. (ИГИиПМНС СО РАН; руководители изданий: к.ф.н. Н.И. Попова, д.и.н. Е.Н. Романова.)



Рис. 216. Издания по проекту публикации материалов Архива ЯИЦ СО РАН. Фонд А.А. Саввина

## Секция языка и литературы ОИФН РАН

### *Языкознание*

#### 1. Развитие Национального корпуса русского языка.

Национальный корпус русского языка (<https://ruscorpora.ru/>) – уникальная информационная система, содержащая лингвистически размеченную коллекцию текстов на русском языке. В 2022 г. значительно увеличен общий объем корпусов, достигнув отметку свыше 1,5 млрд. словоформ (Рис. 217). Расширена база новейших (после 2015 г.) текстов, относящихся к различным сферам речевой деятельности для пополнения состава основного корпуса и модуля устных текстов. В состав корпусов включены новые коллекции текстов – научных и деловых, публицистических, включая блогосферу, газеты и электронные СМИ, художественных, бытовых.

Совокупный объем основного корпуса составляет более 374 млн словоупотреблений. Газетный корпус, в том числе корпус региональной и зарубежной русскоязычной прессы, превысил 790 млн. словоупотреблений. Дальнейшее развитие получил параллельный корпус, совокупный объем которого достигает 168 млн словоупотреблений. В его состав входят 21 двуязычный корпус, а также мультязычный корпус, включающий тексты на 22 языках. Проведено пополнение поэтического корпуса произведениями современных поэтов конца XX в., его объем превышает 13 млн. словоупотреблений.

В составе Национального корпуса русского языка (НКРЯ) появился новый Панхронический корпус. Он объединяет три исторических (древнерусский, корпус берестяных грамот и старорусский) и основной корпус. В совокупности Панхронический корпус охватывает тысячелетие истории русского языка, от 1020-х до 2020-х годов. В Панхроническом корпусе можно сформулировать запрос и найти результаты одновременно на всем этом хронологическом диапазоне. (ИРЯ РАН; руководитель проекта: академик РАН В.А. Плунгян)

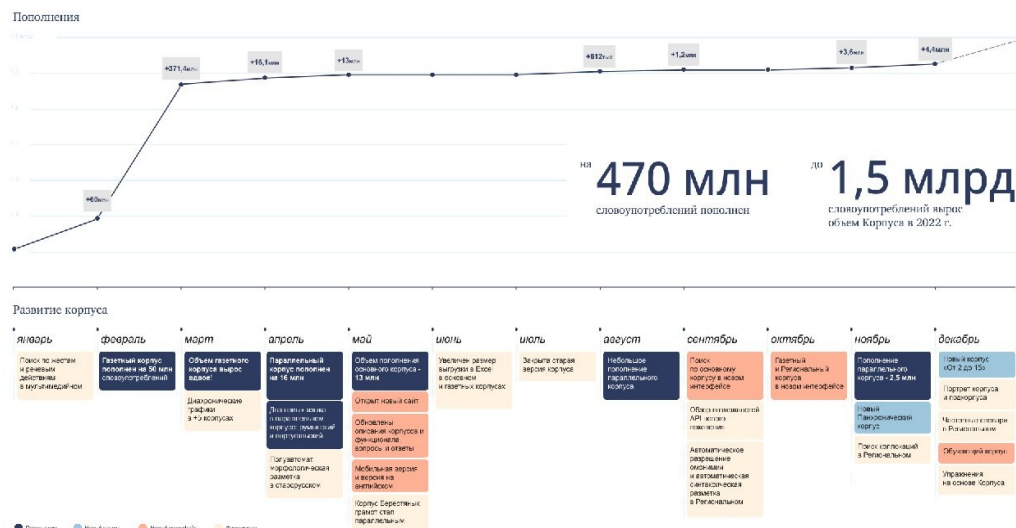


Рис. 217. Развитие Национального корпуса русского языка в 2022 г. (ИРЯ РАН)

**2. Лексический атлас русских народных говоров (ЛАНРГ). Т. 2. Животный мир. М.; СПб.: Нестор-История, 2022. 768 с. ISBN 978-5-4469-2048-8 (Рис. 218)**

В 2022 г. в Институте лингвистических исследований РАН продолжалась работа над фундаментальным всероссийским проектом в области лингвистической географии – Лексическим атласом русских народных говоров. Совместно с Институтом славяноведения РАН подготовлен и издан том, содержащий лексические, семантические, лексико-словообразовательные, словообразовательные и мотивационные карты (около 200), комментарии и диалектные материалы, собранные в полевых условиях на обширной территории Европейской части России до Урала. На картах представлена лексика разных тематических групп: названия животных, птиц, насекомых, пресмыкающихся, рыб. Кроме того, в томе содержатся карты, связанные с животным миром, например, описывающие жилища животных или издаваемые ими звуки. Издание вводит в научный оборот богатейший лексический материал, который может стать объектом разнообразных дальнейших исследований – лексикологических, словообразовательных, этимологических, сравнительных и типологических. (ИЛИ РАН, ИСл РАН; руководитель авторского коллектива: член-корреспондент РАН С.А. Мызников)

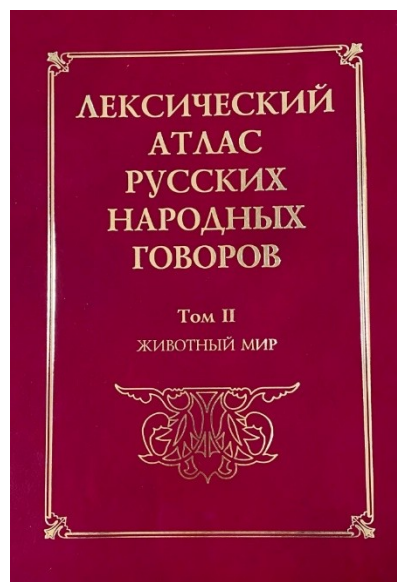


Рис. 218. Лексический атлас русских народных говоров (ЛАРНГ). Т. 2. Животный мир. М.; СПб.: Нестор-История, 2022

**3. Тюркские ареалы Сибири / отв. ред. И. А. Невская, Н.Б. Кошкарева. Коллективная монография. Новосибирск: Академиздат, 2022. 400 с. ISBN 978-5-6047046-7-7**

В исследовании показано развитие сибирских тюркских языков в рамках сравнительно-сопоставительного, типологического и ареального подходов. Определяются границы распространения языковых явлений, по-разному группирующие тюркские языки Сибири и противопоставляющие их большинству других тюркских языков. Впервые выявлен ряд признаков, на основе которых уточняются ареалы распространения значимых для классификации тюркских языков параметров с учётом их взаимодействия друг с другом и с контактными языками, выявлены локальные ареалы, в которых происходит конвергенция отдельных языков и, возможно, образуются новые языковые союзы под влиянием или с участием языков иных семей. Актуальность исследования обусловлена тем, что многие тюркские языки Сибири находятся под угрозой исчезновения. Все они имеют разветвленные системы диалектов и характеризуются подвижностью их языковых систем. Значимым результатом исследования является фиксация состояния тюркских языков в последней трети XX в. и направление инноваций последних лет, а также характеристика лингвистических ареалов и уточнение типологически значимых параметров классификации тюркских языков Сибири. (ИФл СО РАН; руководитель авторского коллектива: д.ф.н. Н.Б. Кошкарева)

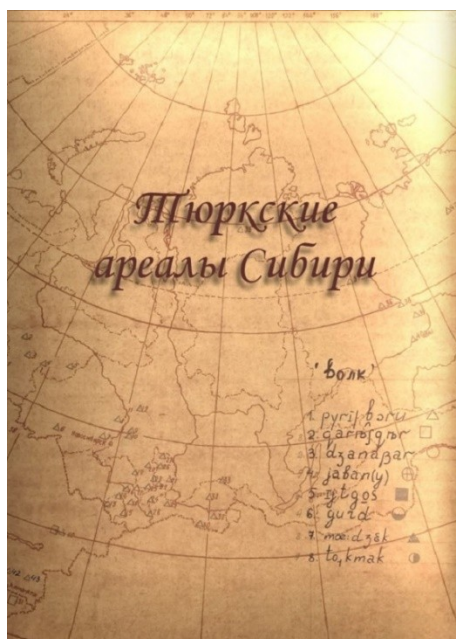


Рис. 219 Тюркские ареалы Сибири / отв. ред. И. А. Невская, Н.Б. Кошкарева. Коллективная монография. Новосибирск: Академиздат, 2022

#### *Литературоведение*

**Фарид ад-Дин 'Аттар. Божественная книга (Илахи-наме). В 2 книгах / Подгот. изд.: Л.Г. Лахути (ИВ РАН). Пер. Л.Г. Лахути и др.; Отв. ред. Н.Ю. Чалисова (РГГУ); Российская академия наук. Институт востоковедения РАН. – М.: Ладомир; Наука, 2022. – Кн. 1. 890 с. 55,77 печ.л. – (Лит. памятники / РАН). – Научное издание. – ISBN 978-5-94451-060-0 (Кн.1), 978-5-94451-062-4, 978-5-86218-618-5; ISBN 978-5-94451-061-7 (Кн.2), 978-5-94451-062-4, 978-5-86218-620-8.**

«Божественная книга» («Илахи-наме»), впервые публикуемая на русском языке (Рис. 220), – несомненный шедевр, подлинная жемчужина в сокровищнице мировой литературы. Ее автор – персидский поэт-мистик, рассказчик и философ XII—XIII веков Фарид ад-Дин по прозвищу 'Аттар («аптекарь», «парфюмер»). Он составлял целебные благовония и лечил ими людей, а благоухание его стихов, как говорили другие поэты, пронизало всю последующую персидскую поэзию. Его творчество оказало мощное и продолжительное влияние на развитие литературы в Иране и далеко за его пределами. Так, знаменитый Джалал ад-Дин Руми, поэт XIII века, называл 'Аттара своим вдохновителем, а себя – «его прислужником в искусстве слова». В центре внимания поэта – Бог, мир и человек в их взаимоотношениях. С читателем он говорит не языком поучений, но посредством искусно выстроенных рассказов.

По замыслу автора, рассказы должны быть интересны и «простому», неискушенному читателю, и «избранному», постигающему внутренние смыслы, скрытые за поверхностью слов и явлений. Отец в поэме 'Аттара ведет сыновей – а вместе с ними и читателей – дорогой смыслов. По мере этого восхождения человек изменяется: он начинает понимать, что вещи, которые казались ему простыми, таят в себе загадку.

Рассказы-притчи 'Аттара открывают широкий простор для истолкования. Прочитанные в суфийском ключе, они позволяют увидеть в занимательных сюжетах описание духовного пути мистика. Автор как бы задает читателю – а быть может, себе – судьбоносные вопросы, ответ на которые не так прост.

В разделе «Дополнения» собраны источники рассказов, которые удалось обнаружить. Это дает возможность представить круг чтения автора и увидеть, как преломляются в его творчестве известные сюжеты. (ИВ РАН; руководитель авторского коллектива – к.и.н. Л.Г. Лахути)



Рис. 220. Фарид ад-Дин 'Аттар. Божественная книга (Илахи-наме). В 2 книгах / Подгот. изд.: Л.Г. Лахути. М.: Ладомир; Наука, 2022

#### *Фольклористика*

1. **Энциклопедия Осетинской Нартиады: в 3-х томах: / Северо-Осетинский институт гуманитарных и социальных исследований им. В. И. Абаева — Филиал ФГБУН Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (СОИГСИ ВНИЦ РАН); главный редактор Л.А. Чибиров. — Владикавказ: СОИГСИ ВНИЦ РАН. Т.1 А-З. 2022 – 464 с. ISBN 978-5-91480-320-6 ISBN 978-5-91480-323-3; Т. 2 (И-О) 2022 — 428 с. ISBN 978-5-91480-320-6, ISBN 978-5-91480-323-0; Т. 3. П–Я. 2023 — 452 с.: ил. ISBN 978-5-91480-320-6 ISBN 978-5-91480-323-7 (Рис. 221)**

«Энциклопедия осетинской Нартиады» является фундаментальным обобщающим трудом, в котором отражены результаты более чем 150-летней истории нартоведения. Издание включает фольклорные, археологические, этнографические, исторические, лингвистические и другие материалы, позволившие выявить исторические истоки и ареальные связи создателей и носителей эпоса с окружающим миром, провести интересные фольклорно-исторические параллели, предложить новое прочтение многих символов и образов. В трёх томах энциклопедии содержатся сведения о сказителях и ученых, об изданиях и переводах сказаний, о композиторах и литераторах, художниках и скульпторах, отразивших в своих произведениях образы и сюжеты эпоса.

Нартовский эпос востребован как выражение этничности и духовности, интегрирован во многие сферы современной жизни. «Энциклопедия осетинской Нартиады» внесет несомненный вклад в сохранение и актуализацию культурного наследия, поможет использовать значительный потенциал нартоведения в социальных, культурных, туристических, образовательных, воспитательных и других проектах.

(Северо-Осетинский институт гуманитарных и социальных исследований им. В.И. Абаева ВНИЦ РАН; руководитель авторского коллектива – д.и.н., заслуженный деятель науки РФ, профессор Л.А. Чибиров)



Рис. 221. Обложка издания: Энциклопедия Осетинской Нартиады: в 3-х томах. / главный редактор Л.А. Чибиров. Владикавказ: СОИГСИ ВНЦ РАН, 2022

**2. Русский фольклор на сопках Маньчжурии. Исследования, тексты, комментарии / В.Л. Кляус. — М.: ИМЛИ РАН, 2022. — 816 с. (Фольклорное наследие. Т. 1) — ISBN: 978-5-9208-0681-9.**

Книга «Русский фольклор на сопках Маньчжурии» (Рис. 222) представляет собой итог многолетних (2007-2018 гг.) полевых исследований автора-составителя, направленных на фиксацию и изучение бытования фольклора китайских русских, проживающих в городском округе Эргуна Хулунбуирского аймака Автономного района Внутренняя Монголия КНР, находящегося на границе с Забайкальским краем Российской Федерации. Старшее поколение китайско-русских метисов сохранило язык и фольклорный репертуар своих русских мам и бабушек, оказавшихся в Китае после окончания Гражданской войны (1918–1922) и начавшихся социально-политических и экономических изменений в СССР.

Впервые вниманию читателей представлены сказки, мифологические рассказы, легенды, предания и устные рассказы, заговоры, песни и частушки китайских русских Маньчжурии. Это первый наиболее полный свод записей их фольклора, почти столетие бытовавшего в отрыве от материнской традиции Восточного Забайкалья. Развиваясь в изоляции, воспринимая иноэтнические элементы, он сохранил жанровые формы, характерные для устной словесности русских насельников забайкальского региона рубежа XIX-XX столетий. (Институт мировой литературы им. А.М. Горького РАН; автор-составитель: д.ф.н. В.Л. Кляус)



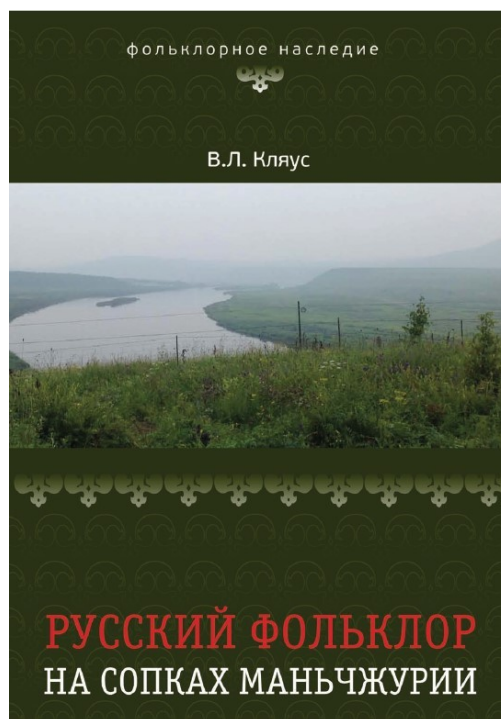


Рис. 222. Русский фольклор на сопках Маньчжурии. Исследования, тексты, комментарии / В.Л. Кляус. М.: ИМЛИ РАН, 2022

### **Иновационный потенциал**

#### **1. Федеральная программа по сохранению и развитию языков России**

Федеральная программа по сохранению и развитию языков России разработана в соответствии с пунктом 1 «е» перечня поручений Президента Российской Федерации № Пр-355 от 1 марта 2020 года по итогам заседания Совета при Президенте Российской Федерации по русскому языку 5 ноября 2019 года, а также на основе Концепции Программы по сохранению и возрождению языков народов России, подготовленной Институтом языкознания РАН и одобренной Советником Президента РФ В. И. Толстым 13 августа 2020 года.

Центральная идея Программы состоит в том, чтобы поддержать межпоколенческую передачу языков в тех случаях, где это возможно. Рассматриваются различные подходы к разным языковым ситуациям, включая просветительские кампании, метод языковых гнезд, лингвистическая документация. Три необходимых условия, которые должны быть соблюдены в любом проекте по ревитализации, – это участие языковых активистов, административная и финансовая поддержка, научная методология. Дорожная карта Программы включает три этапа и рассчитана в целом на двенадцать лет. Отмечаются благоприятные для реализации программы факторы, а также возможные препятствия. Имеется исторический шанс предпринять усилия для поддержки языков России, и этот шанс следует использовать.

#### **Сфера применения результата, степень его готовности к практическому применению**

Результаты могут быть применены для сохранения и восстановления языков РФ. Федеральная программа полностью готова к применению; ряд разработанных мер уже прошли апробацию и доказали высокую эффективность. Предложены конкретные мероприятия, направленные на работу с представителями разных этнических групп, носителями разных языков, и нацеленные на повышение мотивации к сохранению языков; методика оценки эффективности практик ревитализации и мониторинга состояния языков России; на основании общих принципов сохранения и возрождения языков разработаны

мероприятия, направленные на восстановление и сохранение межпоколенческой передачи языка естественным путем. Выделены методики, направленные непосредственно на передачу целевых языков и показавшие свою высокую эффективность, а именно: «Языковое гнездо», «Мастер-Ученик» и полилингвальная система образования. Проведены экспериментальные мероприятия по применению и внедрению метода «Мастер-Ученик». Предложен список мероприятий, касающихся использования онлайн-технологий в сфере поддержки языков России и включенных в Программу по сохранению и развитию языков России. Сформированы рекомендации по организационным, финансовым и правовым аспектам реализации методик сохранения языков. (Институт языкознания РАН; руководитель проекта – к.ф.н. А.А. Сюрюн)

*Публикации:*

Жорник Д. О., Коряков Ю. Б. Языковая ситуация у ивдельских манси // Вестник угроведения, 12(1). Ханты-Мансийск: Обско-угорский институт прикладных исследований и разработок, 2022. С. 185—197. <https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/84471>  
<https://vestnik-ugrovedenia.ru/ru/номер-журнала/2022-т-12-№1>

Казакевич О. А., Будянская Е. М., Евстигнеева А. П., Коряков Ю. Б., Мордашова Д. Д., Покровская С. В., Поливанов К. К., Ренковская Е. А., Халилова З. М., Шейфер К. О. Шкалы языковой витальности и их применимость к материалу конкретных языковых ситуаций // Вопросы языкознания. 2022. № 4. С. 7—47. <https://vja.ruslang.ru/ru/archive/2022-4/7-47>

Рындина О. М., Жорник Д. О., Барсуков Е. В., Покровская С. В. Архив В. Н. Чернецова: мансийская этнография, фольклор и лингвистическая перспектива // Вопросы языкознания. 2022. № 5. С. 35—50. <https://vja.ruslang.ru/ru/archive/2022-5/35-50>

Аралова Н. Б., Будянская Е. М., Евстигнеева А. П. Весенняя школа по сохранению, развитию и возрождению языков // Родной язык. 2022. № 1. С. 140—150. <https://rodyaz.ru/latest-issue>

Замятин К. Ю. Российское языковое законодательство: динамика становления и изменения // Вестник Бурятского государственного университета. Филология. 2022. № 2. С. 8—15. <http://journals.bsru/journals/filologiya/?issue=299&article=3026&rus>

Koryakov Yu., Zhornik D. Language Survival among the Ivdel Mansi // Linguistica Uralica. Vol. 58, № 2. Teaduste Akadeemia Kirjastus/Estonian Academy Publishers, 2022. С. 132—145. [https://kirj.ee/linguistica-uralica-publications/?filter\[year\]=2022&filter\[issue\]=1124&v=f9308c5d0596](https://kirj.ee/linguistica-uralica-publications/?filter[year]=2022&filter[issue]=1124&v=f9308c5d0596)

Gruzdeva E., Bugaeva A. A unique linguistic text in Nivkh by A. A. Yushkina // Journal of Ainu and Indigenous Studies. 2022. № 2. P. 161—223.

## **2. Реставрация триумфальной арки Пальмиры**

26 марта 2022 года подписан «Меморандум о взаимопонимании» между Генеральной Дирекцией древностей и музеев Сирии (ДГАМ) и Институтом истории материальной культуры Российской академии наук (ИИМК РАН) о реставрации Триумфальной Арки в историческом городе Пальмира».

Начиная с весны 2022 года, все усилия специалистов направлены на выполнение комплекса мероприятий в рамках Меморандума. Все работы выполняются в соответствии с общепризнанными реставрационными протоколами ЮНЕСКО и требованиями правительства Сирийской арабской республики. Весь проект в целом и каждый этап в отдельности согласовываются с Международным научным комитетом.

В марте-мае 2022 года объединенный творческий коллектив ИИМК РАН и ДГАМ выполнил весь

комплекс работ по посттравматическому реагированию. Результаты работ были изложены в Кратких отчётах №№ 1 и 2 и представлены на международной конференции 12.07.2022.

Уже тогда, в ходе проведения работ по разбору образовавшегося в результате взрыва завала Триумфальной Арки, зачистки современной дневной поверхности, открытия частей наземных конструкций Арки и закладки архитектурно-археологических шурфов стало очевидно, что проект реставрации Арки не может быть выполнен в полном объёме без проведения полномасштабных археологических раскопок всей территории Арки.

Археологические раскопки на участке Триумфальной Арки (Рис. 223, Рис. 224) велись в сентябре - октябре 2022 года. Произведённые раскопки дали возможность впервые полностью определить структуру основания Арки в целом и каждого из девяти её пилонов в отдельности. В результате мировая наука впервые получила достоверные данные о конструкции фундаментов Арки и их состоянии после взрыва Арки террористами в 2015 году. Полученные уникальные сведения об архитектуре и сохранности памятника будут не только положены в основу разрабатываемого проекта реставрации Триумфальной Арки Пальмиры, но и в ближайшее время введены в научный оборот в качестве источника по античной истории и архитектуре.

Наряду с этим, в ходе археологических исследований впервые получены свидетельства об использовании и пространственной организации этого участка в разные исторические эпохи. Многочисленные и разнообразные археологические материалы, найденные в ходе раскопок, отражают разные стороны жизни и быта жителей Пальмиры с римской эпохи до Средневековья.

11 ноября прошла Международная конференция «Проблемы посттравматической реставрации Триумфальной Арки Пальмиры», в ходе которой были представлены результаты раскопок территории памятника, а также обсуждались наиболее эффективные методы восстановления и выбор концепции его реставрации. (Институт истории материальной культуры РАН; руководитель проекта – Н.Ф. Соловьева)



Рис. 223. Триумфальная арка Пальмиры



Рис. 224. Реставрация триумфальной арки Пальмиры

## Сельскохозяйственные науки

### О реализации государственной научно-технической политики в Российской Федерации в сфере сельскохозяйственных наук и о важнейших научных результатах, полученных российскими учеными в 2022 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 хозяйства» и приоритетных направлений развития сельского хозяйства, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642.

Разнообразие эколого-географических и почвенно-климатических условий в Российской Федерации требует проведения научных исследований в комплексе – фундаментальных, поисковых и прикладных, тематика которых в 2022 году выполнялась в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований Российской Федерации на период 2021-2030 годы по шести основным направлениям: экономика, земельные отношения и социальное развитие села; земледелие, мелиорация, водное и лесное хозяйство; растениеводство, защита и биотехнология растений; зоотехния и ветеринария; механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства; хранение и переработка сельскохозяйственной продукции.

Результаты выполнения этих научных исследований показали, 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, биохим-, ветпрепаратов, продуктов питания.

**В области экономики, земельных отношений и социального развития села** в условиях 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 наук РАН в 2022 году, позволили разработать научную продукцию, к важнейшей из которой относится:

- парадигма аграрной политики по наращиванию объемов сельскохозяйственной продукции и снижению уровня бедности сельского населения России, определяющая стратегические направления развития сельскохозяйственного производства с целью увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции (ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ);

- теоретические основы формирования и реализации экономических интересов в пространственном развитии сельских территорий, способствующие согласованности экономических интересов, по

совокупности элементов (потребность, ценность, мотив, стимул), субъектов территории (население, хозяйствующие субъекты, органы власти), процессов и связности пространства (экономического, социального, духовного) (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»);

- теоретическая модель трансформации агропродовольственных систем с учетом социо-эколого-экономических критериев эффективности и устойчивости производства, способствующая снижению выбросов парниковых газов (ВИАПИ им. А.А. Никонова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ).

**К разработкам мирового уровня относятся:**

- стратегия выхода продукции АПК на зарубежные рынки, включающая стратегические направления национальной экспортной политики в аграрной сфере экономики страны, факторы и условия выхода отдельных видов отечественной сельскохозяйственной продукции на зарубежные рынки, способствующая повышению эффективности государственного регулирования внешнеторговой деятельности в сфере экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья (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, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов в условиях глобальных изменений климата.

По результатам исследований в 2022 г. с использованием научного задела прошлых лет разработаны:

- комплексная технология экологически безопасного применения животноводческих стоков, предназначенная для утилизации жидкой фракции животноводческих комплексов, обеспечивающая получение биокомпоста, используемого в качестве удобрения (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»);

- система повышения продуктивности земель для производства кормов на инженерных системах лиманного орошения, позволяющая сформировать лиманные агроэкосистемы и обеспечить экологическую безопасность производства кормов (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»);

- ресурсосберегающая технология возделывания сои в Центральном-Черноземном регионе, обеспечивающая рациональное использование природных и материальных ресурсов, сохраняя урожайность зерна и его качество на стандартном уровне (ФГБНУ «Курский ФАНЦ»);

- информационное обеспечение организации системы землеустройства ландшафтно-экологической направленности на радиоактивно загрязненных пахотных угодьях сельскохозяйственных предприятий, обеспечивающее оценку и прогнозирование рисков загрязнения продукции растениеводства и животноводства (ФГБНУ ВНИИРАЭ).

**К разработкам мирового уровня относятся:**

- генетический состав полных метабеномов зональных почв Европейской части России, позволяющий восполнить недостаток микробиологических показателей плодородия и экологического состояния почв для оценки и мониторинга почвенных ресурсов (ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»);

- технология контроля данных сельскохозяйственной микропереписи 2021 года об использовании сельскохозяйственных угодий на основе средств спутникового мониторинга, обеспечивающей получение информации о сельскохозяйственных землях (ИКИ РАН).

*По направлению растениеводства, защиты и биотехнологии растений* продолжались исследования по повышению урожайности сельскохозяйственных культур и качества производимой продукции.

По результатам научных исследований, проведенных в 2022 году, с использованием научного задела прошлых лет разработаны:

- **сорт озимой мягкой пшеницы Донбасс** короткостебельный, высокоустойчив к полеганию, осыпанию и прорастанию на корню. Обладает высокими компенсаторными способностями на всех этапах онтогенеза - интенсивно кустится, закладывает крупный многоцветковый колос длиной 12-12,5 см, формирует крупное высоконатурное зерно (масса 1000 зерен 45-46 г, объемная масса 840 г). Сорт среднеспелый, продолжительность вегетационного периода 240-246 суток. Засухоустойчивость и жаростойкость высокие. Средняя урожайность составила: по занятому пару до 12 т/га; по кукурузе на зерно 10,6 т/га; по подсолнечнику 10,1, что на 0,91, 1,72 и 0,84 т/га выше стандартного сорта Гром. Максимальная урожайность 13 т/га получена по предшественнику горох. Высококачественное зерно сорта Донбасс соответствует требованиям, предъявляемым к сильной пшенице: содержание белка в среднем составило 16%, сырой клейковины - 29,7%, валориметрическая оценка 97 е.в., объемный выход хлеба 837 мл, общая хлебопекарная оценка 4,8 балла. Сорт на фоне искусственного заражения высокоустойчив к бурой и желтой ржавчине, устойчив к мучнистой росе, умеренно устойчив к септориозу, фузариозу колоса, вирусным болезням (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»);

- **сорт пшеницы мягкой альтернативного образа жизни Копьё** короткостебельный (90-100 см) в озимом посеве и полукарликовый (65-80 см) в яровом, устойчив к полеганию. Среднеспелый. Сорт отличается стабильно высокой зерновой продуктивностью, потенциальная урожайность до 12,0 т/га. Имеет высокие технологические и хлебопекарные качества зерна. Содержание белка - 15,5%, клейковины 31,5%. Общая хлебопекарная оценка 4,3 балла. Натура зерна 770-828 г/л, масса 1000 зёрен 31-44 граммов. В осеннем посеве сорт высокоустойчив к жёлтой ржавчине и мучнистой росе, устойчив к стеблевой ржавчине, умеренно устойчив к септориозу и вирусным болезням. Высокоустойчив к бурой и жёлтой видам ржавчины, мучнистой росе. Засухоустойчивость и жаростойкость сорта повышенные, зимо-морозостойкость средняя (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»);

- пополнение российской коллекции генетических ресурсов растений, насчитывающей 385 тыс. единиц хранения семенных коллекций растений, на 3,9 тыс. образцов (ФГБНУ ВИР).

#### **К разработкам мирового уровня относятся:**

- впервые в России с помощью технологии CRISPR/Cas9 отредактирован геном мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Целью геномного редактирования являлось получение новых нуклеотидных изменений в консервативной промоторной области гена яровизации VRN-A1, играющего важную роль в регуляции колошения у сортов яровой и озимой пшеницы. В результате получены растения пшеницы, содержащие различные нуклеотидные изменения в целевой последовательности промотора рецессивного гена *vrn-A1*. Показана возможность получения семенного поколения пшеницы, свободного от «инструментов» геномного редактирования, а также выявлено изменение срока колошения у гомозиготной линии, содержащей восьминуклеотидную делецию в промоторной области VRN-A1 в сравнении с исходным сортом. Работа выполнена в сотрудничестве с Филиалом ИБХ РАН (ФГБНУ ВНИИСБ);

- получены растения картофеля с нокаутом гена транскрипционного фактора StLFY при использовании системы редактирования генома CRISPR/Cas9. Соцветия отредактированных растений картофеля перешли к цветению, но структура соцветий не имела цветков, была индетерминантной и

продуцировала многочисленные меристемы (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.

Результаты фундаментальных исследований, проведенных в 2022 году, позволили разработать:

- способ отбора быков мясных пород скота с адаптационной племенной ценностью, позволяющий увеличить выход телят к отъему на 14,1%, повысить выход продукции от 1 мясной коровы на 4,9% (ФГБНУ ФНЦ агrobiотехнологий РАН);

- методика генетического анализа крупного рогатого скота мясных пород, обеспечивающая проведение корректного отбора биоматериала для ДНК-диагностики (ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста);

- способ диагностики классической чумы свиней непрямым иммуногистохимическим анализом, обеспечивающий обнаружение антигена вируса в тканях и органах свиней без использования дорогостоящих расходных материалов (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН);

- тест-система для диагностики хламидиоза животных РИФ (реакция иммунофлюоресценции), позволяющая достоверно поставить диагноз на хламидиоз и определить степень распространения инфекции (ФГБНУ ВНИТИБП).

**К разработкам мирового уровня относятся:**

- методика прижизненного получения ооцитов методом трансвагинальной сонографически-ассистированной пункции фолликулов у телок-доноров симментальской породы (ovum pick up, OPU) (ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста);

- способ получения эмбрионов крупного рогатого скота из созревших и оплодотворенных *in vitro* донорских ооцитов известной селекции, полученных методом трансвагинальной пункции фолликулов (ВНИИФБиП - филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста).

**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 2022 году, с использованием наработок предыдущих лет позволили разработать:

- мобильные технические модули для переработки молока с цифровой системой управления, обеспечивающие оперативную переработку цельного молока в сливки, сливочное масло, творог, кисломолочную продукцию, молоко пастеризованное, сыр при минимизации логистики сырья и экономии энергетических ресурсов на 12-15%, повышении производительности труда при переработке молока до 15-20% (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- роботизированное устройство для экспресс-диагностики кормового стола и персонального дозирования кормовых добавок на животноводческих комплексах, обеспечивающее полную автоматизацию процесса дозирования концентрированных кормовых добавок при повышении производительности труда на 20-25% и улучшении усвояемости корма животными на 15-20% (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);



- роботизированный комплекс с технологией машинного зрения для загрузки овощных культур и картофеля, обеспечивающий высокий уровень равномерности загрузки овощехранилищ и повышение степени оптимального заполнения хранилища до 98-99% (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

- технология ранней уборки зерновых колосовых культур, обеспечивающая повышение на 7-8% содержания протеина в кормах, выхода сырья с 1 га посевной площади на 20-30% (ФГБНУ «АНЦ «Донской»);

- технология обеззараживания зерна ультрафиолетовым излучением, обеспечивающая эффективное уничтожение патогенных микроорганизмов в семенах, стимулирование полевой всхожести семян до 15-20% (при предпосевной обработке) и снижение затрат на обеззараживание ультрафиолетовым излучением до 18% по сравнению с химическим протравливанием (ФГБНУ «АНЦ «Донской»);

- технология длительного вентилируемого хранения корнеплодов сахарной свеклы в кагатах больших размеров, обеспечивающая сохранность продукции, непрерывность технологических линий производства сахара и ритмичность работы сахарного завода (ФГБНУ ВНИИТиН).

**К разработкам мирового уровня относятся:**

- новая ресурсосберегающая технология и состав рабоче-консервационного масла с высокими противоизносными свойствами, обеспечивающая низкий уровень коррозионно-механического изнашивания деталей двигателей зерноуборочных комбайнов при снижении затрат на ремонт и эксплуатацию до 20-25%, увеличении срока службы двигателей до 15-20%, патенты №№ 2779026, 2773468 (ФГБНУ ВНИИТиН).

*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 2022 году, с использованием наработок прошлых лет позволили разработать:

- способ циклического контроля структурно-механических характеристик мякиша хлебобулочных изделий (ФГАНУ «НИИ хлебопекарной промышленности»);

- тест-система ДНК-аутентификации сырья и продовольственной продукции: молока и молочной продукции, мясного сырья и мясной продукции, зерна злаковых культур и мучных изделий, аллергенов растительного происхождения (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- метод глубокой переработки пивной дробины для изготовления новых видов вспомогательного сырья с целью коррекции качества пивоваренной продукции (ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой продукции – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- технология мягкого сыра «Драгомир» с комбинированным подкислением, позволяющая получить сыр высокого качества с кругообразной консистенцией и мягким кисломолочным вкусом и ароматом (ФГБНУ «Алтайский федеральный научный центр агробиотехнологий»);

- технологии разводочного цикла разных видов заквасок для хлебопекарной промышленности с использованием новых стартовых композиций на основе лиофилизатов молочнокислых бактерий и дрожжей, обеспечивающие хорошие биотехнологические показатели заквасок в разводочном цикле (ФГАНУ «НИИ хлебопекарной промышленности»).

**К разработкам мирового уровня относятся:**

- технология повышения степени резистентности крахмалосодержащих ингредиентов, позволяющая

производить продукты питания пищевого и лечебного назначения с повышенным содержанием пищевых волокон до 30% от суточной нормы (ВНИИ крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха). 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.), явились основой для проведения прикладных научных исследований, позволивших в 2022 году, с учетом научного задела прошлых лет, создать 271 сорт и гибрид сельскохозяйственных культур, по урожайности и качеству продукции не уступающих мировым аналогам; один кросс птицы; разработать 170 новых и усовершенствованных технологий и технологических процессов производства сельскохозяйственного сырья; 120 технологических способов и приемов производства сельскохозяйственной продукции; 70 единиц машин, приборов и оборудования; восемь вакцин, диагностикумов, препаратов и дезинфицирующих средств; пять препаратов защиты растений. Разработано новых и усовершенствовано существующих 120 методов и методик. Получено 785 патентов на изобретения и селекционные достижения.

По материалам исследований издано 280 книг и монографий, опубликовано 15,6 тыс. статей, в том числе 14,3 тыс. ед. в БД РИНЦ, 700 - в Web of Science, 680 - 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 условиях глобализации и интеграционных процессов в мировой экономике. Совершенствование механизмов земельных отношений и устойчивого развития сельских территорий.

*В области земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства.*

Разработка и совершенствование систем воспроизводства плодородия почв, предотвращения всех видов их деградации, создание адаптивно-ландшафтных систем земледелия нового поколения. Создание и эксплуатация оросительных и осушительных систем, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов.

*В области растениеводства, защиты и биотехнологии растений.*

Мобилизация, сохранение и изучение генофонда растений. Развитие сельскохозяйственной биотехнологии в целях создания новых высокопродуктивных форм культурных растений, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды. Новые генотипы растений с хозяйственно ценными признаками и устойчивостью к стрессовым факторам в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов и агроэкосистем. Системы агроэкологического мониторинга и фитосанитарного прогнозирования на основе усовершенствования традиционных методов с использованием информационных технологий. 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 устойчивостью к стрессовым факторам. Биологические средства защиты 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. 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 2022 году

Проведение фундаментальных научных исследований на современном мировом уровне позволило в завершающем цикле выполнения прикладных исследований получить научно-техническую продукцию, не уступающую мировым аналогам.

**В области земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства** для решения проблемы эффективного использования земли учеными разработан новый микробиологический препарат.

**Новый биофунгицид РИЗОФАЙТ** (Рис. 225, Рис. 226) предназначен для биологической защиты картофеля от ризоктониоза. Создан новый микробиологический препарат биофунгицид на основе эндофитной бактерии *Bacillus amyloliquefaciens*, штамм P20, который способен ингибировать рост фитопатогенных грибов *Rhizoctonia solani*, а также *Fusarium solani*, *F.culmorum*, *F.oxysporum* и *Alternaria solani*. В производственных опытах, проведенных в условиях Ленинградской области, прибавка урожая клубней картофеля сорта Чароит к контролю без использования химических средств защиты составила 7,95 т/га (39%), а в схеме производственного опыта - 10,63 т/га (60%). По итогам испытаний РИЗОФАЙТ рекомендован в качестве протравителя для предотвращения почвенной инфекции, вызываемой фитопатогеном *Rhizoctonia solani*.

Оригинатор – ФГБНУ ВНИИСХМ.

Авторы: к.б.н. Чеботарь В.К., к.б.н. Заплаткин А.Н., Келейникова О.В., Баганова М.Е., Балашев Н.А.



Рис. 225. Влияние препарата РИЗОФАЙТ на формирование клубней картофеля (1 - чистый контроль, 2 - химический контроль, 3 – химический контроль + РИЗОФАЙТ)



Рис. 226. Влияние препарата РИЗОФАЙТ на развитие растений картофеля (слева – химический контроль, справа – химический контроль + РИЗОФАЙТ)

**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 озимой мягкой пшеницы Восток** (Рис. 227) короткостебельный 80-95 см, среднеспелый. Сорт отличается высокой зерновой продуктивностью. Максимальная урожайность по предшественнику пар – 13 т/га, превысив стандартный сорт Льговская 4 на 4,2 т/га. Мукомольные и хлебопекарные качества зерна сорта высокие. Характеризуется высоким содержанием белка 16%. Среднее содержание клейковины 30%. Общая хлебопекарная оценка 4,4 балла, хлеб отличается хорошей эластичностью и пористостью. Натура зерна 785-809 г/л, масса 1000 зёрен 38-40г.

Сорт показывает высокую устойчивость к бурой и жёлтой видам ржавчины, мучнистой росе. Устойчив к фузариозу колоса и зерна. Умеренно устойчив к стеблевой ржавчине, септориозу и вирусным болезням. Восприимчив к твёрдой головне. Засухоустойчивость и жаростойкость сорта повышенные, зимо-морозостойкость средняя, на уровне озимой пшеницы Безостая 1. Рекомендуется к использованию в производстве по пропашным предшественникам, в т.ч. и по фузариоопасным, на среднем и высоком агрофоне.

Оригинатор – ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко».

Авторы: академик РАН, д.с.-х.н. Романенко А.А., академик РАН, д.с.-х.н. Беспалова Л.А., к.с.-х.н. Филобок В.А., член-корреспондент РАН, д.с.-х.н. Боровик А.Н. и др.



Рис. 227 *Сорт озимой мягкой пшеницы ВОСТОК*

*Сорт озимой мягкой пшеницы Приволье* (Рис. 228) среднеспелый, обладает высокой зимостойкостью и устойчивостью к полеганию, высота растений – 97,6 см.

Качество зерна соответствует требованиям к ценной пшенице: содержание белка в зерне – 15,8%, клейковины – 29,6%, 1-й группы качества. Максимальная урожайность получена по предшественнику сидеральный пар – 12,48 т/га. Высокоустойчив к поражению бурой ржавчиной и мучнистой росой, средневосприимчив к септориозу.

Оригинатор – **ФГБНУ «АНЦ «Донской»**.

Авторы: к.с.-х.н. Скрипка О.В., к.с.-х.н. Подгорный С.В., к.с.-х.н. Самофалов А.П., к.с.-х.н. Громова С.Н. и др.



Рис. 228 *Сорт озимой мягкой пшеницы ПРИВОЛЬЕ*

**Гибрид кукурузы Престиж ФАО 500** (Рис. 229) среднепоздний (период всходы-цветение початка – 68 суток), с хорошим начальным развитием создан с целью производства зерна и силоса. Устойчив к прикорневому полеганию и ломкости стебля ниже початка при перестое и поражению пузырчатой головней. Отзывчив на интенсивные условия выращивания, но и в полуинтенсивных условиях дает стабильно высокий урожай. Средняя урожайность за годы изучения 7,2 т/га, что на 1,3 т/га выше стандарта Машук 480 СВ. Семеноводство гибрида ведется на фертильной основе с обрыванием метелок. Высота растений 235-245 см, прикрепление початка 90-100 см. Угол между пластиной и стеблем от маленького до среднего, положение листа изогнутое. Метелка средней плотности, боковые веточки прямые. Початок слабо конической формы, длиной 20-21см. Стержень початка светло-розовый. Количество рядов зерен 16-18. Товарное зерно зубовидного типа. Окраска верхней части зерна жёлтая, нижней - жёлто-оранжевая.

Оригинатор – **ФГБНУ ВНИИ кукурузы**.

Авторы: Галговская Л.А., Конарева Е.А., Долов М.С., Романова А.Н., акад. РАН, д.с.-х.н. Сотченко В.С. и др.



Рис. 229 Гибрид кукурузы ПРЕСТИЖ ФАО 500

**Сорт картофеля Самородок** (Рис. 230) среднеранний, столовый для диетического питания. Растения средней высоты, стеблевого типа. Многостебельный. Высокоурожайный – до 50 т/га, содержание крахмала – 10-16%. Клубни крупные, удлинённо-овальные, красного цвета с гладкой кожурой. Глазки средней глубины. Мякоть клубней розовая. Вкусовые качества хорошие и отличные. Клубни при варке среднерассыпчатые, не темнеющие. Лежкость хорошая. Сорт обладает устойчивостью к раку и нематоде, вирусным болезням и фитофторозу по клубням. Относительно устойчив к парше, ризоктонии и бактериозам. Хорошо переносит жару и засуху. Сорт предлагается для возделывания в Центральном регионе Российской Федерации.

Оригинатор – **ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»**.

Авторы: к.с.-х.н. Апшев Х.Х., к.с.-х.н. Гаитова Н.А., д.с.-х.н. Жевора С.В., к.с.-х.н. Папихин Р.В.

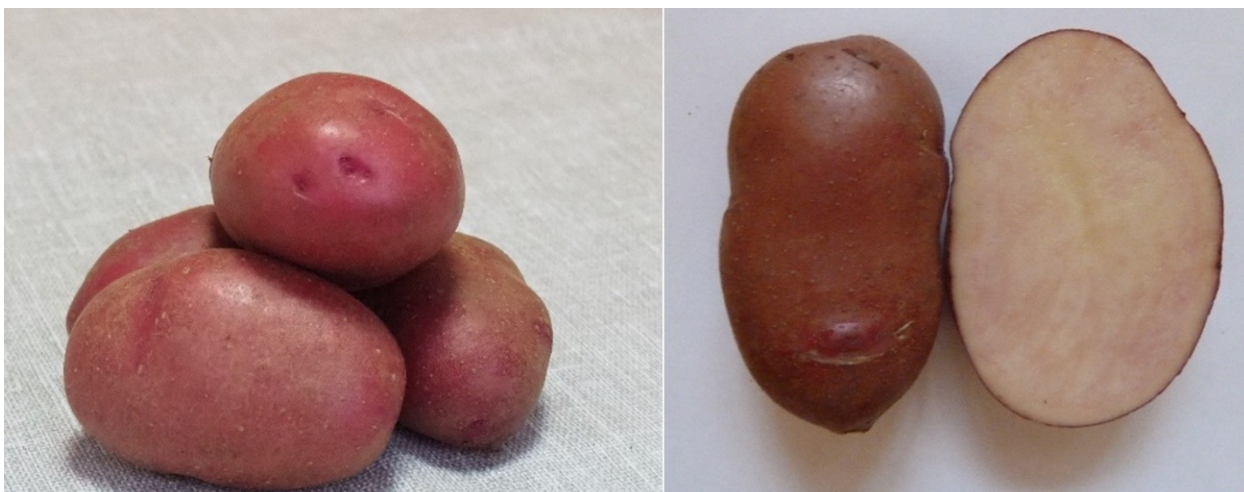


Рис. 230 Сорт картофеля САМОРОДОК

*Сорт подсолнечника Консул* (Рис. 231) раннеспелый, кондитерский. Отличается высокой продуктивностью, повышенным уровнем автофертильности и заразиховыносливостью к основным расам паразита. Устойчив к полеганию, засухе, возбудителю ложной мучнистой росы (расы 310, 330, 710, 730). Vegetационный период – 93 суток. Урожайность в среднем за три года – 3,30 т/га, масличность – 46,5%, масса 1000 семян – 140 г.

Оригинатор – **ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК**.

Авторы: к.с.-х.н. Децына А.А., д.б.н. Демурин Я.Н., к.с.-х.н. Илларионова И.В., к.с.-х.н. Хатнянский В.И., к.б.н. Пихтярёва А.А., Каменева Н.В.



Рис. 231 Сорт подсолнечника КОНСУЛ

*Сорт сои Анис* (Рис. 232) скороспелый, период вегетации 100-104 суток. Преимущества сорта: сочетание скороспелости со стабильной урожайностью и высоким содержанием белка. Потенциальная урожайность 3,05 т/га, масса 1000 семян 166 г. Содержание в семенах белка до 40,1%, жира – до 20,2%. Сорт устойчив к переувлажнению, грибным и бактериальным болезням, что важно для его выращивания в условиях муссонного климата Дальнего Востока. Потребители продукции: сельскохозяйственные

предприятия всех форм собственности, занимающиеся производством сои.

Оригинатор – ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои.

Авторы: Беляева Г.Н., Разанцев Д.Р., Титов С.А., к.с.-х.н. Фокина Е.М.



Рис. 232 Сорт сои АПИС

*Гибрид сахарной свёклы ВИЗИТ* (Рис. 233) – одноростковый диплоидный, урожайно-сахаристого направления. Средняя урожайность за три года стационарного испытания составила 64,0 т/га (116% от стандарта), сахаристость – 14,7% (100% от стандарта), сбор сахара – 10,32 т/га (115% от стандарта). Потенциальная урожайность 81,0 т/га, сахаристость 19,3%. Гибрид имеет коническую форму корнеплода, глубина погружения корнеплода в почву средняя. Листовая розетка крупная, прямостоячая, темно-зеленого цвета. Обладает высокими технологическими качествами. Гибрид устойчив к церкоспорозу, а также к мучнистой росе и корнееду. Vegetационный период 170 суток. Пригоден для средних и поздних сроков уборки.

Оригинатор – ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свёклы».

Авторы: к.с.-х.н. Логвинов А.В., к.с.-х.н. Мищенко В.Н., к.б.н. Логвинов В.А. и другие.





Рис. 233 Гибрид сахарной свёклы ВИЗИТ

**Сорт риса Восход** (Рис. 234) относится к среднепозднеспелой группе, с вегетационным периодом 116 – 120 суток. Высота растений – 88-95 см, метелка длиной – 15-16 см, зерновка удлинённая (l/b – 2,4-2,5). Масса 1000 зерен – 30-32 г, стекловидность – 87-91%, общий выход крупы – 70-72%, целого ядра в крупе – 80-97%. Новый сорт обладает хорошими темпами роста в период получения всходов, устойчив к полеганию, осыпанию, хорошо обмолачивается, поэтому пригоден для возделывания по разным технологиям, но предпочтительно интенсивным. Среднеустойчив к пирикулярриозу, хорошо отзывается на средний и высокий агрофоны.

В среднем за годы конкурсного испытания урожайность сорта составила 9,49 т/га, при урожайности стандартного сорта Флагман 8,46 т/га и 8,58; 8,64 т/га у лучших районированных сортов Рапан и Фаворит соответственно. В производственном сортоиспытании в АО «Приазовское» Славянского района Краснодарского края урожайность сорта Восход в 2022 году составила 8,00 т/га, в Республике Крым - 8,78 т/га.

Оригинатор – ФГБНУ «ФНЦ риса».

Авторы сорта: д.с.-х.н. Шиловский В.Н., Оглы А.М., д.б.н. Дубина Е.В.

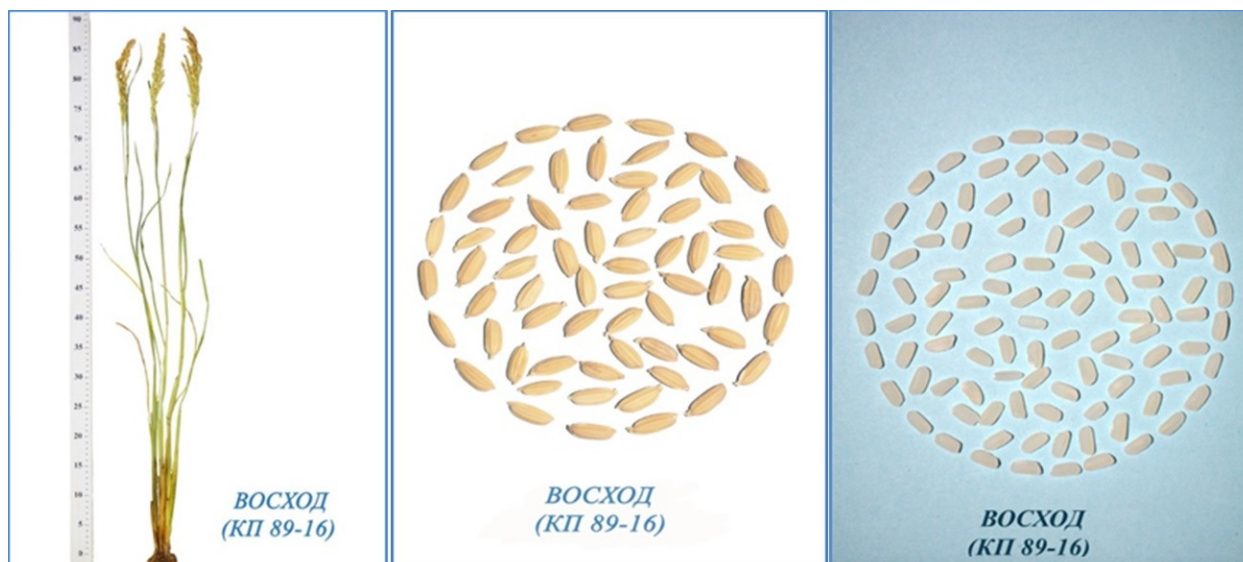


Рис. 234 Сорт риса ВОСХОД

**Сорт свёклы столовой Соло** (Рис. 235) среднеспелый (от массовых всходов до технической спелости 100-110 суток), однострочковый. Рекомендуется для использования в свежем виде, для консервирования и хранения. Розетка листьев полураскидистая. Лист овальный, зелено-красный, слабоморщинистый, черешок средней длины. Корнеплод округлый, красный, головка средняя, слабоопробковевшая, мякоть темно-красная, нежная, сочная, с однородной окраской. Масса корнеплода 250-280 г. Вкусовые качества хорошие. Содержание сухого вещества 15,5%, общего сахара 11,7%. Товарная урожайность 51,2-52,4 т/га, на уровне иностранного, широко распространённого в товарном производстве сорта Бона. Выход товарной продукции 90-92%. Ценность сорта: однострочковость, выравненность корнеплодов, пластичность, хорошая лежкость.

Оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

Авторы: к.с.-х.н. Тимакова Л.Н., к.с.-х.н. Коломиец М.А., к.с.-х.н. Ховрин А.Н.



Рис. 235 Сорт свеклы столовой СОЛО

*Сорт винограда Кивин* (Рис. 236) бессемянный столово-технический, превосходящий по всем агробиологическим параметрам контрольный сорт Эльф. Сорт устойчив к морозу и грибным заболеваниям. Устойчивость: милдью – 1 балл, оидиум – 1 балл, альтернариоз – 2 балла, мороз  $-25^{\circ}\text{C}$ . Обладает высокими качественными характеристиками. Массовая концентрация: сахаров  $17,0 \text{ г}/100 \text{ см}^3$ , кислот  $5,0 \text{ г}/\text{дм}^3$ . Масса грозди 259 г, масса ягоды 2,3 г. Новый сорт винограда Кивин в среднем за 4 года изучения обеспечил урожайность 14,7 т/га.

Оригинатор – **ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ.**

Авторы: к.с.-х.н. Майстренко Л.А., Дуран Н.А., Григорьева О.В.



Рис. 236 Сорт винограда КИВИН

**Сорт груши Глория** (Рис. 237) ранне-осеннего срока созревания отличается высокой зимостойкостью, устойчивостью к термическому ожогу листьев и средней устойчивостью к парше, совместимостью с подвоями айвы. Цветет в средние сроки, частично самоплодный. Урожайность высокая и стабильная – до 30,0 т/га. Плоды крупные, массой 170-190 г, одномерные, тупойцевидной формы, гладкие. Основная окраска в период съемной зрелости желтовато-зеленая, в потребительской – золотисто-желтая; покровная проявляется в виде легкого румянца на солнечной стороне плода. Мякоть белая, средней плотности, сочная, тающая, хорошего, кисло-сладкого вкуса. Дегустационная оценка – 4,9 балла. Химический состав плодов: сухих веществ – 12,6%, сахаров – 11,0%, органических кислот – 0,3%, аскорбиновой кислоты – 4,2 мг/100 г. Съемная зрелость плодов в условиях Крыма наступают в третьей декаде августа. Плоды прочно удерживаются на дереве.

Оригинатор – **ФГБУН «НБС-ННЦ»**.

Авторы: к.с.-х.н. Бабина Р.Д., Хоружий П.Г., Чакалова Е.А., Гришанева Л.Ю., д.с.-х.н. Сотник А.И., Коваленко О.В.



Рис. 237 Сорт груши ГЛЮРИЯ

**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.

Учеными Отделения сельскохозяйственных наук создан кросс птицы, обеспечивающий получение продукции высокого качества.

*Аутосексная порода кур Царскосельская* (Рис. 238). Крупная птица с высокими показателями скорости роста, массы яйца и адаптационными свойствами. Живая масса кур составляет 2,5-3 кг, петухи достигают живой массы 3,5-4 кг. Хвост темно-полосатый, гребень листовидный, ушные мочки красные, цвет кожи и ног желтый. Окраска скорлупы яиц – светло-коричневая, масса яиц – 58-61 г.

Предназначена для использования в условиях КФХ, производства органических продуктов птицеводства и создания мясных гибридов на птицеводческих предприятиях в различных регионах России.

Оригинатор: **ВНИИГРЖ – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.**

Авторы: к.с.-х.н. Макарова А.В., Вахрамеев А.Б., Юрченко О.П. и др.



Рис. 238 Аутосексная порода кур Царскосельская

**Вакцина против инфекционного атрофического ринита и пастереллеза свиней инактивированная и способ её получения** (Рис. 239). Вакцина обеспечивает продолжительный и напряженный иммунитет у вакцинированных свиней против инфекционного атрофического ринита и пастереллеза. Содержит следующие компоненты из расчета на 2 см<sup>3</sup> препарата (иммунизирующая доза): инактивированный формалином протективный антиген штамма *Bordetella bronchiseptica* В-1341 – 6 млрд мкр кл.; *Pasteurella multocida* В-1308 тип D - 3 млрд мкр кл.; *Pasteurella multocida* В-1303 тип А – 3 млрд мкр кл., а также фармацевтически приемлемые целевые добавки. Способ получения вакцины против инфекционного атрофического ринита и пастереллеза свиней инактивированной позволяет создать вакцину с повышенной стабильностью, антигенной и иммуногенной активностью, расширить подходы и способы изготовления поливалентных инактивированных вакцин, направленных на специфическую профилактику инфекционных болезней свиней.

Предназначена для использования ветеринарными специалистами на свинокомплексах и свиноводческих хозяйствах для специфической профилактики инфекционных патологий, вызванных бактериями видов *Bordetella bronchiseptica* и *Pasteurella multocida* (инфекционный атрофический ринит и пастереллез свиней). Патент № 2763991.

Оригинатор: **ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН.**

Авторы: чл.-корр. РАН Гулюкин А.М., к.б.н. Лаишевцев А.И., д.б.н. Капустин А.В. и др.



Рис. 239 Вакцина против инфекционного атрофического ринита и пастереллеза свиней инактивированная

**В области механизации, электрификации и автоматизации разработана:**

**Интеллектуальная система управления климатом в замкнутых экосистемах для селекции и**

*семеноводства сельскохозяйственных культур* (Рис. 240) предназначена для ведения селекционного процесса зерновых, овощных и технических культур в контролируемых условиях окружающей среды. Система включает датчики для контроля физиологического состояния растений с обратной связью по жизненно важным параметрам, контроля и управления микроклиматическими факторами климатермосветокамеры. Система позволяет ускорить селекционный процесс в 1,5-2 раза и повысить конкурентоспособность производства отечественных семян. Управление замкнутой экосистемой осуществляется через сенсорную панель с интуитивно понятным графическим отображением режимов работы. Рекомендуется к применению в селекционных центрах и экстремальных климатических условиях. Патенты №№ 2022611267, 2022611514, 2022611069, 2780199.

Оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ».

Авторы: академик РАН Измайлов А.Ю., академик РАН Дорохов А.С.



Рис. 240. Камера искусственного климата

## Заключение

Представленные в Докладе обзор состояния фундаментальной науки в Российской Федерации и важнейшие научные достижения российских ученых, полученные в 2022 году, свидетельствуют о том, что отечественная фундаментальная наука продолжает сохранять широкий фронт исследований и отчетливые представления о путях дальнейшего развития в общей перспективе мировой науки.

### Принятые сокращения

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. | ВГТУ              | - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный                                |



- технический университет»
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. ВИНТИ 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. 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. Горбатова» РАН
55. ВНИИМЗ  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Всероссийский научно-исследовательский институт  
мелиорированных земель"
  56. ВНИИНМ - Акционерное общество "Высокотехнологический научно-  
исследовательский институт неорганических материалов имени  
академика А.А. Бочвара"
  57. ВНИИСПК - Всероссийского научно-исследовательского института селекции  
плодовых культур
  58. ВНИИО - филиал ФГБНУ - Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства  
«Федеральный научный центр овощеводства» — филиал Федерального государственного бюджетного научного  
учреждения "Федеральный научный центр овощеводства"
  59. ВНИИР – филиал ФГБНУ - Всероссийский научно-исследовательский институт  
«ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста» ирригационного рыбоводства– филиал ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им.  
Л.К. Эрнста»
  60. ВНИИРАЭ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и  
агроэкологии"
  61. ВНИИСБ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Всероссийский научно-исследовательский институт  
сельскохозяйственной биотехнологии"
  62. ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной  
свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова"
  63. ВНИИСХМ - Всероссийский научно-исследовательский институт  
сельскохозяйственной микробиологии "
  64. ВНИМИ,  
ВНИИ молочной промышленности - Федеральное государственное автономное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт молочной  
промышленности»
  65. ВНИИВиВ «Магарач» РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
"Всероссийский национальный научно-исследовательский  
институт виноградарства и виноделия "Магарач" РАН"
  66. ВНИИФ - Всероссийский научно-исследовательский институт  
фитопатологии
  67. ВНИТИБП - Всероссийский научно-исследовательский и технологический  
институт биологической промышленности
  68. ВСЕГЕИ - Федеральное государственное бюджетное учреждение  
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт  
им. А.П. Карпинского
  69. ВЦ РАН Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской  
академии наук Федерального исследовательского центра  
«Информатика и управление» Российской академии наук

70. ГАИШ - Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга
71. ГБС РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН
72. ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ - Государственное бюджетное учреждение здравоохранения  
Городская клиническая больница имени С.П. Боткина  
Департамента здравоохранения города Москвы
73. ГБУЗ МКНЦ имени А.С. Логинова ДЗМ - Государственное бюджетное учреждение здравоохранения  
Московский Клинический Научный Центр имени А.С. Логинова  
Департамента здравоохранения города Москвы
74. 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
75. 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
76. ГИ ПФИЦ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Горный институт Уральского отделения Российской академии наук
77. ГИМ - Государственный исторический музей
78. ГИН РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Геологический институт Российской академии наук
79. ГНИИИ ВМ МО РФ - Федеральное государственное бюджетное учреждение  
"Государственный научно-исследовательский испытательный  
институт военной медицины" Министерства Обороны Российской  
Федерации
80. ГЦ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Геофизический центр Российской академии наук
81. ГоИ КНЦ РАН - Горный институт – обособленное подразделение Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук»
82. Дальневосточный НИИСХ – филиал ФГБУН «Хабарский ФИЦ ДВО  
РАН» - Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского  
хозяйства - филиал ФГБУН «Хабарский ФИЦ Дальневосточного  
отделения Российской академии наук
83. ДВГИ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Дальневосточный геологический институт Дальневосточного  
отделения Российской академии наук
84. ДВФУ - Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Дальневосточный федеральный

- университет"
85. ЗИН РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Зоологический институт Российской академии наук
  86. ИА РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт археологии Российской академии наук
  87. ИАиЭ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электротехники Сибирского отделения Российской академии наук
  88. ИАК РАН, Институт археологии Крыма РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт археологии Крыма РАН"
  89. ИАП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации проектирования Российской академии наук
  90. ИАПУ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук
  91. ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ - Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"
  92. ИАфр РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Африки Российской академии наук
  93. ИАЭТ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт археологии и этнографии Сибирского отделения Российской академии наук
  94. ИБВВ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук
  95. ИБГ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии гена Российской академии наук
  96. ИБК РАН - Институт биофизики клетки Российской академии наук - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук»
  97. ИБМХ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича"
  98. ИБР РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН
  99. ИБРАЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики

- Российской академии наук
100. ИБХ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина  
и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук
  101. ИБХФ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской  
академии наук
  102. ИВ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт востоковедения Российской академии наук
  103. ИВИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт всеобщей истории Российской академии наук
  104. ИВиС ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного  
отделения Российской академии наук
  105. ИВМ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука  
Российской академии наук
  106. ИВМ СО РАН - Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения  
Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ  
КНЦ СО РАН
  107. ИВМиМГ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт вычислительной математики и математической  
геофизики Сибирского отделения Российской академии наук
  108. ИВНД и НФ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии  
Российской академии наук
  109. ИВП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных проблем Российской академии наук
  110. ИВПС КарНЦ РАН - Институт водных проблем Севера — обособленное подразделение  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра "Карельский научный  
центр Российской академии наук"
  111. ИВР РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт восточных рукописей Российской академии наук
  112. ИВС РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт высокомолекулярных соединений Российской академии  
наук
  113. ИВТ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт вычислительных технологий Сибирского отделения  
Российской академии наук
  114. ИВЭП ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных и экологических проблем Дальневосточного

- отделения Российской академии наук
115. ИВЭП СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения  
Российской академии наук
116. ИГ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт географии Российской академии наук
117. ИГ КарНЦ РАН - Институт геологии — обособленное подразделение Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Федерального  
исследовательского центра "Карельский научный центр  
Российской академии наук"
118. ИГ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения  
Российской академии наук
119. ИГАБМ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геологии алмаза и благородных металлов  
Сибирского отделения Российской академии наук
120. ИГГ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого  
Уральского отделения РАН
121. ИГГД РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геологии и геохронологии докембрия Российской  
академии наук
122. ИГД ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской  
академии наук
123. ИГД СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения  
Российской академии наук
124. ИГД УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт горного дела Уральского отделения Российской  
академии наук
125. ИГЕМ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии Российской академии наук
126. ИГИ КБНЦ РАН - Институт гуманитарных исследований – филиал Федерального  
государственного бюджетного научного учреждения  
"Федеральный научный центр "Кабардино-Балкарский научный  
центр Российской академии наук"
127. 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
128. ИГиЛ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук
129. ИГМ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук
130. ИГП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт государства и права Российской академии наук
131. ИГФ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук
132. ИГХ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук
133. ИГЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук
134. ИДВ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Дальнего Востока Российской академии наук
135. ИДГ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер Российской академии наук
136. ИДСТУ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук
137. ИЕ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Европы Российской академии наук
138. ИЗК СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук
139. ИЗМИРАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук
140. ИИ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории Сибирского отделения Российской академии наук
141. ИИАЭ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока Дальневосточного отделения Российской академии наук
142. ИИАЭ ДФИЦ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории, археологии и этнографии Дагестанского

- федерального исследовательского центра Российской академии наук
143. ИИЕТ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова  
Российской академии наук
144. ИИиА УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт истории и археологии Уральского отделения Российской  
академии наук
145. ИИМК РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт истории материальной культуры Российской академии  
наук
146. ИИФ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения  
Российской академии наук
147. ИКВС УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского  
отделения Российской академии наук
148. ИКЗ ТюмНЦ СО РАН - Институт криосферы Земли Тюменского научного центра  
Сибирского отделения РАН
149. ИКИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт космических исследований Российской академии наук
150. ИКСА РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт Китая и современной Азии Российской академии наук
151. ИКТИ РАН - Федеральное государственное автономное учреждение науки  
Институт конструкторско-технологической информатики  
Российской академии наук
152. ИЛА РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт Латинской Америки Российской академии наук
153. ИЛИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт лингвистических исследований Российской академии  
наук
154. ИЛФ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение  
науки Институт лазерной физики Сибирского отделения  
Российской академии наук
155. ИМ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения  
Российской академии наук
156. ИМАШ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской  
академии наук
157. ИМБ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта



- Российской академии наук
158. ИМБП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации институт медико-биологических проблем Российской академии наук
159. ИМБП СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт монголоведения, буддологии и тибетологии Сибирского отделения Российской академии наук
160. ИМВЦ УФИЦ РАН - Институт математики с вычислительным центром - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук
161. ИМГ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт молекулярной генетики Российской академии наук
162. ИМЕТ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук
163. ИМЕТ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук
164. ИМЗ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук
165. ИМКЭС СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук
166. ИМЛИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мировой литературы им. А.М. Горького Российской академии наук
167. ИММ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук
168. ИММ ФИЦ КазНЦ РАН - Институт механики и машиностроения - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
169. ИМСС УрО РАН - Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук
170. ИМХ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева

- Российской академии наук
171. ИМЧ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой Российской  
академии наук
172. ИМЭМО РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Национальный исследовательский институт мировой экономики и  
международных отношений имени Е.М. Примакова Российской  
академии наук"
173. ИНАСАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт астрономии Российской академии наук
174. ИНГГ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука  
Сибирского отделения Российской академии наук
175. ИНМЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии  
наук
176. ИНОЗ РАН - Институт озераведения Российской академии наук - обособленное  
структурное подразделение Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский  
Федеральный исследовательский центр Российской академии  
наук»
177. ИНП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской  
академии наук
178. Институт иммунологии - Федеральное государственное бюджетное учреждение  
ФМБА России «Государственный научный центр «Институт иммунологии»  
Федерального медико-биологического агентства
179. Институт философии РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт философии Российской академии наук
180. Институт цитологии РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт цитологии Российской академии наук
181. ИНХ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского  
отделения Российской академии наук
182. ИНХС РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического  
синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук
183. ИНЭИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт энергетических исследований Российской академии наук
184. ИНЭОС РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова  
Российской академии наук

185. ИО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук
186. ИОГен РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт общей генетики им. Н.И.Вавилова Российской академии наук
187. ИОНХ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова  
Российской академии наук
188. ИОФ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук
189. 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»
190. ИОА СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения  
Российской академии наук
191. ИОХ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук
192. ИП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт психологии Российской академии наук
193. ИПКОН РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук
194. 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»
195. ИПМ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт прикладной математики Дальневосточного отделения  
Российской академии наук
196. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН - Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук"
197. ИПМ РАН - Институт проблем машиностроения РАН – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»

198. ИПМаш РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем машиноведения Российской академии наук
199. ИПМех РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
200. ИПМТ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук
201. ИПНГ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем нефти и газа Российской академии наук
202. ИПНГ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук
203. ИППИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук
204. ИППИМ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук
205. ИПРИМ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт прикладной механики Российской академии наук
206. ИПРЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем региональной экономики Российской академии наук
207. ИПРЭК СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук
208. ИПС РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт программных систем имени А.К. Айламазяна Российской академии наук
209. ИПТ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук
210. ИПТМ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук
211. ИПУ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук
212. ИПФ РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук"

213. ИПХФ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем химической физики Российской академии наук
214. ИПЭЭ РАН - Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова  
Российской академии наук
215. ИРИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт российской истории Российской академии наук
216. ИРЛИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт русской литературы (Пушкинский Дом) Российской  
академии наук
217. ИРЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова  
Российской академии наук
218. ИРЯ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт русского языка им. В.В. Виноградова Российской  
академии наук
219. ИС УрО РАН - Институт степи Уральского отделения Российской академии наук -  
обособленное структурное подразделение Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского  
федерального исследовательского центра Уральского отделения  
Российской академии наук
220. ИСАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт спектроскопии Российской академии наук
221. ИСЗФ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения  
Российской академии наук
222. ИСКРАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт Соединенных Штатов Америки и Канады Российской  
академии наук
223. ИСИЭЗ - Институт статистических исследований и экономики знаний
224. ИСл РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт славяноведения Российской академии наук
225. ИСОИ РАН – филиал - Институт систем обработки изображений РАН - филиал  
ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН федерального государственного учреждения "Федеральный  
научно-исследовательский центр "Кристаллография и фотоника"  
РАН
226. ИСП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт системного программирования им. В.П. Иванникова  
Российской академии наук
227. ИСПИ РАН - Институт социально-политических исследований Федерального  
научно-исследовательского социологического центра Российской  
академии наук

228. ИСПМ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук
229. ИСЭ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук
230. ИСЭМ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук
231. ИТ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук
232. ИТиГ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук
233. ИТПЗ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук
234. ИТПМ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук
235. ИТПЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук
236. ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук
237. ИТЭБ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук
238. ИУ ФИЦ УУХ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты Сибирского отделения Российской академии наук», Институт угля СО РАН
239. ИФ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук
240. ИФЗ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук
241. ИФ СО РАН - Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук - обособленное подразделение ФИЦ

- КНЦ СО РАН
242. ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН - Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук"
243. ИФА РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук
244. ИФАВ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологически активных веществ Российской академии наук
245. ИФВД РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф.Верещагина Российской академии наук
246. ИФЗ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук
247. ИФиП УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт философии и права Уральского отделения Российской академии наук
248. ИФЛ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт филологии Сибирского отделения Российской академии наук
249. ИФМ РАН - Институт физики микроструктур РАН — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»
250. ИФМ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук
251. ИФП СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук
252. ИФТ РАН, ИФТ ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН - Институт фотонных технологий Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук
253. ИФТТ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук
254. ИФХЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина

- Российской академии наук
255. ИХБФМ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения Российской академии наук
256. ИХВВ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук
257. ИХС РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт химии силикатов им.И.В. Гребенщикова Российской академии наук
258. ИХТТМ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук
259. ИХТТ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук
260. ИЦиГ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»
261. ИЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Российской академии наук
262. ИЭ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук
263. ИЭА РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Дружбы народов Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая Российской академии наук
264. ИЭИ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономических исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук
265. ИЭМ, ФГБНУ «ИЭМ» - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт экспериментальной медицины»
266. ИЭМ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук
267. ИЭОПП СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук
268. 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.



269. ИЭРиЖ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук
270. ИЭФ УРО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук
271. ИЭФБ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук
272. ИЯз РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт языкознания Российской академии наук
273. ИЯИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук
274. 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
275. 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"
276. ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт языка, литературы и истории Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук
277. ИЯФ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук
278. КалмНЦ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Калмыцкий научный центр Российской академии наук"
279. 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"
280. КамчатНИРО - Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
281. КНИТУ-КАИ - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ"
282. КраО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук

- наук
283. Курский ФАНЦ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»
284. КФ ФИЦ ЕГС РАН - Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр "Единая геофизическая служба Российской академии наук"
285. МАГЭ - Морская арктическая геологоразведочная экспедиция
286. МАЭ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) Российской академии наук
287. МГИ,  
МГИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН»
288. МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
289. МГПУ - Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский государственный педагогический университет»
290. МГТУ им. Н.Э. Баумана - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»
291. МГУ (МГУ имени М.В. Ломоносова) - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова"
292. МИАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук
293. ММБИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт Российской академии наук
294. МСЦ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Межведомственный суперкомпьютерный центр Российской академии наук
295. МФТИ - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»
296. НГУ - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Новосибирский национальный

- исследовательский государственный университет"
297. НИВС им. И.И. Мечникова - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова
298. НИГТЦ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного Отделения Российской академии наук
299. НИИ акушерства, гинекологии и репродуктологии им.Д.О.Отта - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии имени Д.О. Отта"
300. НИИ педиатрии ЦКБ РАН - Научно-исследовательский институт педиатрии и охраны здоровья детей Федерального государственного бюджетного учреждения здравоохранения Центральная клиническая больница Российской академии наук
301. НИИ пульмонологии ФМБА России - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства»
302. НИИ фармакологии имени В.В. Закусова - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт фармакологии имени В.В. Закусова"
303. НИИГБ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
304. НИИМЧ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт морфологии человека»
305. НИИНА - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков имени Г.Ф. Гаузе"
306. НИИР им. В.А. Насоновой НИИ ревматологии им. В.А. Насоновой - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт ревматологии имени В.А. Насоновой»
307. НИИПФ ИГУ - Научно-исследовательский институт прикладной физики Иркутского государственного университета
308. НИИФКИ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт фундаментальной и клинической иммунологии "
309. НИИХП - Федеральное государственное автономное научное учреждение «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»
310. НИИЯФ МГУ - Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

311. НИИЭОАПК ЦЧР - - Научно-исследовательский институт экономики и филиал ФГБНУ организация агропромышленного комплекса Центрально-черноземного района – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»
312. НИТУ МИСиС - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"
313. НИУ ВШЭ - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"
314. НИУ МГСУ - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
315. НИЦ «Курчатовский институт», НИЦ КИ - Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
316. НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ - Федеральное государственное бюджетное учреждение «институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
317. НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
318. НИЦ МБП КНЦ РАН - Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике - обособленное структурное подразделение Кольского научного центра Российской академии наук
319. НИЦ СЭ и НК - Общество с ограниченной ответственностью "НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров"
320. 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
321. НИЯУ МИФИ - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"
322. 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
323. НМИЦ детской - Федеральное государственное бюджетное учреждение

- травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера Минздрава России - "Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И.Турнера " Министерства здравоохранения Российской Федерации
324. НМИЦ кардиологии Минздрава России - Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии Министерства здравоохранения Российской Федерации
325. НМИЦ им. В. А. Алмазова Минздрава России - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
326. 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
327. 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
328. НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации
329. НМИЦ онкологии Минздрава России - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации
330. НМИЦ радиологии - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России.
331. 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.
332. НМИЦ эндокринологии Минздрава России - Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии" Министерства здравоохранения Российской Федерации
333. ННЦМБ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского" Дальневосточного отделения Российской академии

- наук
334. НТЦ микроэлектроники - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
РАН Научно-технологический центр микроэлектроники и  
субмикронных гетероструктур Российской академии наук
335. НЦ ПЗСРЧ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека»
336. НЦЗ им. П.П. Лукьяненко - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко"
337. ОИВТ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Объединенный институт высоких температур Российской  
академии наук
338. ОИЯИ - Объединенный институт ядерных исследований
339. ОНЦ УрО РАН;  
ОФИЦ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского  
отделения Российской академии
340. ПИБР ДНЦ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского  
научного центра Российской академии наук
341. ПИН РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка Российской  
академии наук
342. 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»
343. ПОМИ им. В.А. Стеклова - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
РАН Санкт-Петербургское отделение Математического института им.  
В.А. Стеклова Российской академии наук
344. Первый МГМУ им. И.М. - Федеральное государственное автономное образовательное  
Сеченова Минздрава учреждение высшего образования Первый Московский  
России (Сеченовский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова  
Университет) Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)
345. Психологический - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
институт РАО "Психологический институт Российской академии образования"
346. РААСН - Российская академия архитектуры и строительных наук
347. РАХ - Российская академия художеств
348. РГГУ - ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный  
университет»

349. РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина - Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина
350. РИНЦ - Российский индекс научного цитирования
351. РКС - Российские космические системы
352. РНИМУ им. Н.И. Пирогова - Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации
353. РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского"
354. РФЯЦ - ВНИИЭФ - Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
355. РФЯЦ - ВНИИТФ - Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина. Предприятие Госкорпорации «Росатом»
356. СамГМУ Минздрава России - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
357. САО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук
358. СВКНИИ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук
359. СГЦ «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
360. Северо-Кавказский ФНАЦ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр
361. СЗНИЭСХ - Институт аграрной экономики и развития сельских территорий (ИАЭРСТ) - структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»
362. СКФУ - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Кавказский федеральный университет"

363. СКФНЦСВВ - Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия
364. 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
365. СПбГУ - Санкт-Петербургский государственный университет
366. СПБНИИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт истории Российской академии наук
367. СПбФ АРАН - Санкт-Петербургский филиал архива РАН
368. СПбПУ - Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
369. 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»
370. СФУ - Сибирский федеральный университет
371. ТатНИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН - Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук
372. ТИБОХ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова Дальневосточного отделения Российской академии наук
373. ТИГ ДВО РАН - Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской Академии Наук
374. ТОИ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук
375. Томский НИМЦ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»
376. Тувинский НИИСХ - Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
377. УГНТУ - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
378. УИИЯЛ УдмФИЦ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Удмуртский институт истории, языка и литературы Уральского



- отделения Российской академии наук
379. Университет ИТМО - Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
380. УрФАНИЦ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук
381. УрФУ - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
382. УФИХ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Уфимский Институт химии Российской академии наук
383. ФАНЦ РД - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан
384. ФАНЦ Северо-Востока - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого
385. ФГАНУ - Федеральное государственное автономное научное учреждение
386. ФГАОУ ВО - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
387. ФГБНУ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
388. ФГБОУ ВО - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
389. ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования "Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования" Министерства здравоохранения Российской Федерации
390. ФГБУ - Федеральное государственное бюджетное учреждение
391. ФГБУН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
392. ФГБУН «НБС-ННЦ» - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН»
393. ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН - Федеральное государственное учреждение "Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук"
394. ФГУП - Федеральное государственное унитарное предприятие
395. ФИАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук
396. ФИЦ Биотехнологии РАН - Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Фундаментальные основы

- биотехнологии" Российской академии наук"
397. ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста"
398. ФИЦ ВИР - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова"
399. ФИЦ ЕГС РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Единая геофизическая служба Российской академии наук"
400. ФИЦ ИУ РАН - Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук"
401. ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха
402. ФИЦ КазНЦ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук"
403. ФИЦ КНЦ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук"
404. ФИЦ Коми НЦ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук»
405. ФИЦ питания и биотехнологии - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»
406. ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»
407. ФИЦ ПХФ и МХ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук
408. ФИЦ УУХ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты Сибирского отделения Российской академии наук»
409. ФИЦ ХФ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук
410. ФИЦ ЯНЦ СО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр

- Сибирского отделения Российской академии наук»
411. ФИЦВиМ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии"
412. ФНАЦ ВИМ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"
413. ФНИСЦ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный научно-исследовательский социологический центр Российской академии наук
414. ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН - Федеральное государственное учреждение "Федеральный научно-исследовательский центр "Кристаллография и фотоника" Российской академии наук"
415. ФНКЦ РР - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии"
416. ФНКЦ ФМБА России, Федеральный научно-клинический центр ФМБА России - Федеральное государственное бюджетное учреждение "Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий федерального медикобиологического агентства"
417. ФНЦ агроэкологии РАН - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
418. ФНЦ БЗР - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологической защиты растений"
419. ФНЦ БСТ РАН - Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
420. ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии" ДВО РАН
421. ФНЦ ВИЭВ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный научный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И.Скрябина и Я.Р.Коваленко Российской академии наук»
422. 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»
423. ФНЦ ВНИИЭСХ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий - Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства"

424. ФНЦ Лубяных культур - Федеральный научный центр лубяных культур
425. ФНЦ риса - Федеральный научный центр риса
426. ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН - Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН
427. 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)
428. ФНЦО - Федеральный научный центр овощеводства
429. ФРАНЦ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный ростовский аграрный научный центр"
430. ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук
431. ФТИАН РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технологический институт Российской академии наук
432. ХФИЦ ДВО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук
433. ЦИАМ им. П.И. Баранова - Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»
434. ЦИТП РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук
435. ЦНИИ КМ «Прометей» - Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
436. ЦНИИ туберкулеза - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»
437. ЦНИИчермет им. И.П. Бардина - Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина»
438. 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
439. ЦТП ФХФ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр

- теоретических проблем физико-химической фармакологии  
Российской академии наук
440. ЦЭМИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Центральный экономико-математический институт Российской  
академии наук
441. ЮФУ - Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Южный федеральный  
университет»
442. ЮУГМУ Минздрава - Федеральное государственное бюджетное образовательное  
России учреждение высшего образования «Южно-Уральский  
государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации