ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КРУПНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

С.П. Юркевичюс, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доцент, *jursp@extech.ru*
А.Е. Гриценко, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, *gritsenkoae@extech.ru*
Рецензент: В.И. Соловьев, д-р экон. наук, декан, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», *visoloviev@yandex.ru*

В статье приведен обзор результатов реализации в 2021 г. шести крупных научных проектов в области информационно-телекоммуникационных систем по приоритетным направлениям научно-технологического развития, выполняемых консорциумами научных организаций и образовательных учреждений России в рамках Государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

Ключевые слова: Федеральный реестр экспертов, квантовые технологии, гомоморфное шифрование, терагерцовый диапазон, электромагнитные импульсы, передача электромагнитной энергии, терагерцовое излучение, искусственный интеллект, биомедицинские данные, нейроморфный искусственный интеллект, машинное обучение, COVID-19.

INTERMEDIATE RESULTS OF THE IMPLEMENTATION OF MAJOR SCIENTIFIC PROJECTS IN PRIORITY AREAS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN THE FIELD OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS

S.P. Yurkevichius, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, Associate Professor, *jursp@extech.ru*
A.E. Gritsenko, Deputy Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, *gritsenkoae@extech.ru*

The article provides an overview of the results of the implementation in 2021 of six major scientific projects in the field of information and telecommunication systems in priority areas of scientific and technological development, carried out by consortiums of scientific organizations and educational institutions in Russia within the framework of the State Program «Scientific and technological development of the Russian Federation».

Keywords: Federal Roster of Experts, quantum technologies, homomorphic encryption, terahertz range, electromagnetic pulses, electromagnetic energy transmission, terahertz radiation, artificial intelligence, biomedical data, neuromorphic artificial intelligence, machine learning, COVID-19.

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 [1], устанавливает приоритетные направления развития науки и технологий на ближайшие 10–15 лет. К таким на-

правлениям, в частности, относятся исследования в области информационно-телекоммуникационных систем, базирующиеся, в свою очередь, на результатах фундаментальных и прикладных работ в областях информационной безопасности, искусственного интеллекта, робототехники, сверхширокополосной связи и радиолокации, когнитивных информационных процессов и др.

Государственной программой «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 № 377 [2], предусмотрено мероприятие «Реализация крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития» основного мероприятия «Обеспечение реализации Программы фундаментальных научных исследований».

В целях реализации мероприятий данной Государственной программы заключено 41 соглашение о предоставлении из федерального бюджета в 2020–2022 гг. гранта в форме субсидии (далее – грант) в размере 100 млн руб. ежегодно на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития [3].

Оценка результатов выполненных работ получателями грантов за 2021 г. производилась организацией-монитором ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Экспертиза проводилась комплексно, с привлечением как экспертов Федерального реестра экспертов [4], так и экспертов-мониторов из числа сотрудников института.

Обзор промежуточных результатов работ в соответствии с приоритетом «а» «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» (п. 20 Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации) представлен далее.

Проект «Исследование и создание передовых методов защиты информации, сохранения конфиденциальности и предотвращения утечки данных при их обработке в распределенных средах»

Головной исполнитель – ФГБУН «Институт системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук». Соисполнитель: ФГБУН «Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук».

Руководитель проекта – академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор А.И. Аветисян.

Цель проводимых исследований

Обеспечение информационной безопасности вычислений в распределенных системах новых поколений.

Актуальность проводимых исследований

Обеспечение кибербезопасности в распределенных средах – актуальный вызов в области современных информационных технологий, связанный с тем, что с приходом Интернета практически вся обработка данных протекает в распределенной среде. Квантовые технологии в настоящее время выходят из фазы прототипирования и в ближайшее время станут элементом повседневной жизни. Эти технологии сделают бесполезными старые средства криптографии, в том числе в распределенных системах. В результате возникает угроза потери технологической независимости в информационном пространстве. В связи с этим исследования по созданию передовых методов защиты информации с использованием квантовых технологий и гомоморфного шифрования становятся крайне актуальными.

Основные результаты

В области обеспечения информационной безопасности в процессе хранения и обработки данных в распределенных облачных средах созданы методы и инструменты моделирования, верификации моделей и тестирования реализаций криптопротоколов взаимодействия компонентов распределенных систем. Предложены формальный язык спецификаций криптопротоколов и автоматизированный способ их трансляции в модели анализаторов стойкости

ProVerif и CryptoVerif. Разработан метод генерации тестов, основанный на автоматическом построении модели объекта тестирования из спецификации. Полученное оптимизационное преобразование анализируемого множества сценариев широко используемого протокола openssl сокращает анализируемую структуру на 2 порядка, что крайне важно при верификации протоколов промышленной сложности.

В области гомоморфного шифрования разработана теория и создан алгоритм выбора модулей системы остаточных классов, позволяющий уменьшить избыточность зашифрованных данных (рис. 1).

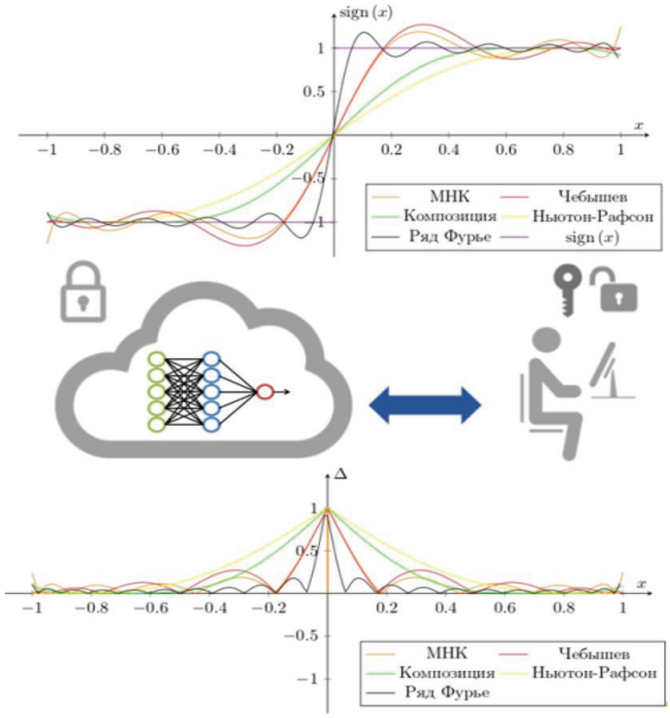


Рис. 1. Исследование функции определения знака числа в целях реализации алгоритма сравнения чисел, зашифрованных в гомоморфном шифровании над числами фиксированной точности

Решена задача выбора ключей шифрования, позволяющая увеличить максимальное количество операций умножения зашифрованных чисел без использования операции bootstrapping; разработаны эффективные алгоритмы для вычисления функций активации искусственных нейронных сетей в зашифрованном виде. Уникальность первых двух результатов заключается в обеспечении возможности обеспечивать верификацию и гомоморфное шифрование промышленных систем.

В области квантовых технологий и квантовых криптографических протоколов построено обобщение атаки разделением по числу фотонов в квантовой криптографии на основе симметричных когерентных состояний. Исследован ландшафт задачи управления, построены множества достижимости для кубита, взаимодействующего с окружением. Выведено квантовое кинетическое уравнение для режима слабой связи за пределами секулярного приближения. Разработана теория некоммутативных операторных графов для квантовой коррекции ошибок в точно решаемой модели Джейнса – Каммингса открытой квантовой системы.

Решена задача переноса матрицы когерентности нулевого порядка вдоль спиновой цепочки с точностью до двух диагональных элементов, сумма которых сохраняется. Уникальность этого результата состоит в получении фундаментального задела для новых прикладных исследований, что подтверждается включением четырех публикаций в международный стратегический отчет Quantum optimal control in quantum technologies. Strategic report on current status, visions and goals for research in Europe.

Ожидаемый эффект

Результаты в области гомоморфного шифрования и квантовых технологий позволят проводить обработку данных в недоверенной среде с полной гарантией сохранения конфиденциальности в контексте появления за рубежом средств кодирования и декодирования информации нового поколения. Результаты обладают принципиальной новизной и находятся на мировом уровне передовых исследований в области защиты информации в распределенных средах.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [5]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, – 13. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, защищенных по результатам исследований, – 3 (одна из них докторская). Количество зарегистрированных результатов интеллектуальной деятельности – 3 программы для ЭВМ.

Проект «Методы построения и моделирования сложных систем на основе интеллектуальных и суперкомпьютерных технологий, направленные на преодоление больших вызовов»

Головной исполнитель – ФГУ Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление Российской академии наук».

Руководитель проекта – академик РАН, д-р техн. наук, профессор И.А. Соколов.

Цель проводимых исследований

Создание теории, методов и инструментов моделирования сложных систем и применение разработанных подходов для решения широкого спектра актуальных задач из различных областей: искусственный интеллект, робототехника, материаловедение, моделирование летательных аппаратов.

Актуальность проводимых исследований

Проводятся фундаментальные исследования по следующим актуальным направлениям: развитие теории, методов и технологий искусственного интеллекта, моделирование новых материалов и технологий их обработки, высотная аэродинамика полета летательных аппаратов, управление роботами и группами роботов.

Основные результаты

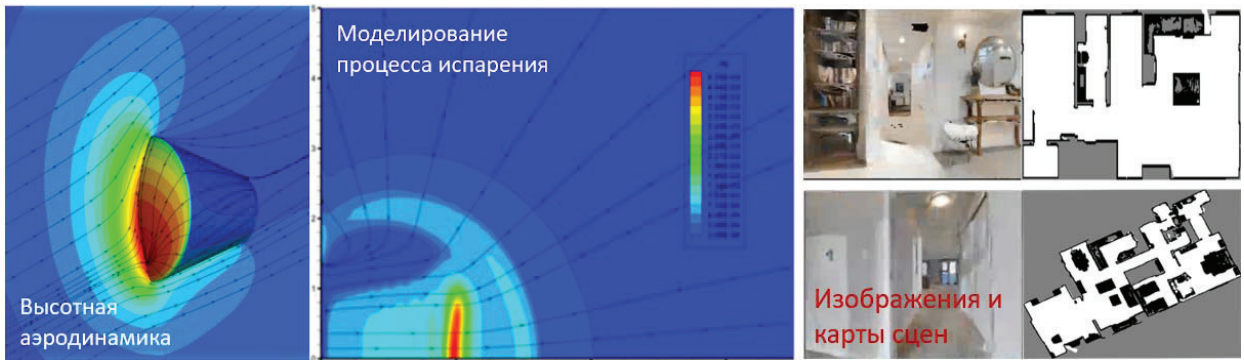
Разработан комплексный подход, основанный на развиваемых в рамках проекта нетривиальных вероятностно-статистических моделях, позволивший создать уникальные методы прогнозирования с принципиально новыми характеристиками.

Использование дополнительных обучающих признаков позволило повысить точность в среднем на 15,94 % для краткосрочных и на 11,88 % для среднесрочных прогнозов по сравнению с известными методами в целом ряде прикладных направлений (физика плазмы, океанология).

Разработаны новые теоретические подходы и численные методы моделирования сложных пространственных течений разреженного газа (рис. 2а), обеспечивающие существенный (в 100 и более раз) рост точности и эффективности суперкомпьютерного моделирования. Уникальность разработанных новых алгоритмов состоит в комбинированном использовании неструктурированных расчетных сеток, что позволяет достичь масштабируемости расчетов до 10 000 ядер и выигрыша во времени до 1000 раз по сравнению с существующими пакетами программ. Для задач импульсного испарения (рис. 2б) разработан метод решения,

который позволяет получить выигрыш по сравнению с существующими алгоритмами по времени счета до 1000 раз за счет эффективного распараллеливания вычислений, что является прорывным результатом, не имеющим мировых аналогов.

Предложен оригинальный метод автономного исследования неизвестной местности (рис. 2в), использующий нейросетевые модели восстановления глубины по изображениям видеокамеры. В отличие от мировых аналогов разработанные методы способны работать в режиме реального времени на маломощных вычислителях, устанавливаемых на борту малых мобильных робототехнических систем.



а) *б)* *в)*

Рис. 2. Задачи моделирования, решаемые с применением нового метода

Ожидаемый эффект

Полученные результаты вносят существенный вклад в теорию и численные методы высотной аэродинамики, что имеет принципиальное значение для космической отрасли. Разработанные в проекте методы навигации и управления позволяют качественно улучшить характеристики современных робототехнических систем. Созданные алгоритмы и программное обеспечение могут быть использованы для высокоточного численного моделирования процессов импульсного лазерного испарения в области низкого давления газа (1–100 Па), применяемых в современных технологиях осаждения тонких пленок, синтеза наночастиц и обработки поверхностей.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [7]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, – 19.

Проект «Мозг и информация: от естественного интеллекта к искусственному»

Головной исполнитель – ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Соисполнители: ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук», ФГБУН «Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук».

Руководитель проекта – акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. Садовничий.

Цель проводимых исследований

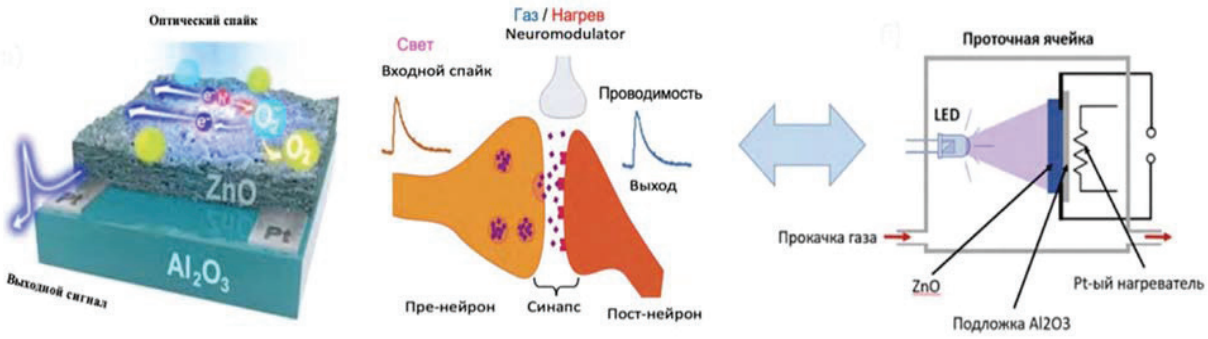
Получение новых знаний о фундаментальных закономерностях кодирования информации в нервной системе, разработка новых методов регистрации когнитивных информационных процессов в головном мозге и формирование научного задела для создания систем искусственного интеллекта, использующего принципы кодирования когнитивной информации головным мозгом человека и животных.

Актуальность проводимых исследований

Раскрытие нейробиологических основ когнитивного кода и разработка нового поколения искусственного интеллекта, основанного на архитектуре и принципах работы головного мозга (нейроморфного искусственного интеллекта).

Основные результаты

Впервые в мире описаны клеточные и генетические механизмы нервной трансмиссии информации у примитивных организмов, не обладающих нервной системой, что меняет современные представления о происхождении нервной системы и механизмов передачи информации ее клетками. В геноме эукариот впервые в мире идентифицированы более 20 эволюционно различных семейств ионотропных глутаматных рецепторов и ряд новых ключевых генов и микро-РНК, связанных с информационными процессами в нервной системе. Обнаружено 86 локусов, общих для ATAC-seq (PRJNA641076) и histone ChIP-seq (PRJN A302062), 28 локусов, общих для ATAC-seq (PRJNA641076) и TF ChIP-seq (PRJNA674576), и 5 локусов, общих для histone ChIP-seq (PRJNA302062) и TF ChIP-seq (PRJNA674576). Выявлено 3142 генетических варианта, модулирующих память человека. Разработаны уникальные на мировом уровне волоконно-оптические методы регистрации информационных процессов в клетках поверхностных и глубоких структур головного мозга. Впервые в России создана комплексная установка, позволяющая осуществлять одновременную фотостимуляцию актуаторов нейронной активности и регистрацию отклика сенсоров нейронной активности. Разработаны первые в мире имплантируемые волокна с градуированным индексом для визуализации мозга с разрешением нейронной динамики. Разработана уникальная по сравнению с мировыми решениями математическая модель памяти, позволяющая обладающей ею системе предсказывать события, находящиеся в далеком будущем, – свойство, которым не обладают искусственные нейронные сети, используемые в текущих системах искусственного интеллекта. Показано, что новый подход позволяет решать данную задачу независимо от длины распространения градиента. Разработан первый в России прототип искусственного нейрона, обладающий связями на оптических элементах, изготовлена серия фотоэлектрических структур, обладающих нейроморфными свойствами (рис. 3).



а) *б)*

Рис. 3. Схематическое 3D-изображение стимулированного светом искусственного синапса на основе нанокристаллической пленки ZnO (*а*), схема разработанного экспериментального искусственного синапса (*б*)

Ожидаемый эффект

Полученные в проекте знания позволят разработать новые подходы к изучению закономерностей кодирования информации в головном мозге в норме и при патологии. Осущест-

вленные разработки закладывают основу для нейроморфных вычислительных систем нейрофотонного искусственного интеллекта и систем памяти, которыми не обладают существующие искусственные нейронные сети.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [8]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, – 14. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, защищенных по результатам исследований, – 6 (две из них докторские).

Проект «Надежный и логически прозрачный искусственный интеллект: технология, верификация и применение при социально значимых и инфекционных заболеваниях»

Головной исполнитель – ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». Соисполнители: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», ФГБУН «Институт системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук», ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», ФГАОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет».

Руководитель проекта – д-р физ.-мат. наук, профессор А.Н. Горбань.

Цель проводимых исследований

Создание систем искусственного интеллекта нового поколения, отвечающего требованиям надежности и объяснимости предъявляемых решений, а также разработка программного обеспечения для применения в чувствительных областях, в первую очередь в биомедицинских приложениях.

Актуальность проводимых исследований

Для работы с ошибками и обеспечения надежности искусственного интеллекта в реальном мире разработана и испытана принципиально новая технология мультикорректоров. С ее использованием решен ряд важных задач, где требование надежности и логической объяснимости является критичным: анализ больших биомедицинских данных и выявление сверхранних предикторов заболеваний; анализ климатических данных и предсказание экстремальных событий; инженерия новых материалов, квантовых и оптических технологий и др.

Основные результаты

Впервые в мире разработаны новые алгоритмы построения и сертификации систем объяснимого машинного обучения (МО) и искусственного интеллекта (ИИ), ориентированные на работу с постклассическими данными. Выделены и изучены неизвестные ранее состязательные возмущения, позволяющие атакующему получить контроль над принятием решений в системах ИИ. Впервые разработаны и протестированы алгоритмы быстрого устранения ошибок в системах МО и ИИ на основе технологии мультикорректоров и взаимообучения. Данная технология – единственная из известных в мире, позволяющая быстро обнаруживать и исправлять в режиме реального времени ошибки в системах ИИ с размерностью данных и внутренней размерностью более 100 тыс.

Впервые в мире выявлен ранее неизвестный класс уязвимостей систем ИИ (включая глубокие нейронные сети) на основе точечных скрытых атак. Разработана стратегия борьбы с подобными атаками.

Ожидаемый эффект

Созданы и развиваются программные библиотеки, реализующие разработанные методы обработки данных и ИИ: scikitdimension, Elpighraph, ElMap, SupervisedPCA и др., которые станут ядром комплекса отечественного программного обеспечения, реализующего алгоритмы ИИ нового поколения.

Получены важные результаты в приложениях (рис. 4).

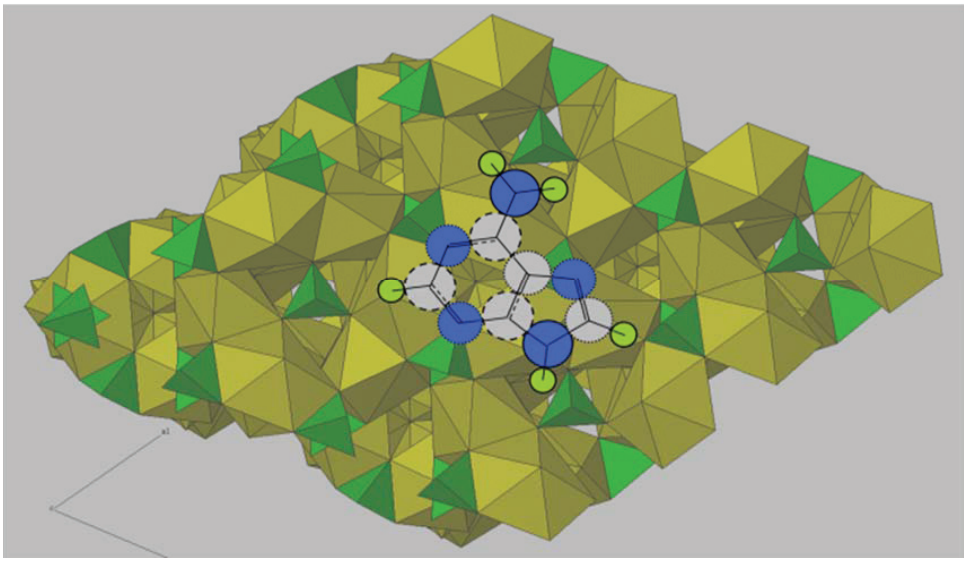


Рис. 4. Пример работы алгоритма. Рассчитаны составы высокоустойчивых матриц для связывания токсичных элементов (на примере свинца)

Разработана прогностическая модель диагностики различных социально значимых заболеваний, которая позволяет с высокой точностью (для развития COVID–19 более 87 %) определять на ранних стадиях тяжесть течения инфекции и является точным критерием маршрутизации пациентов в стационаре.

Созданы модели быстроразвивающихся опасных природных явлений (паводков, селей, лавин). Ущерб от паводков на реках на территории России в 2021 г. – 75 млрд руб., оценочное сокращение ущерба от использования результатов моделирования с использованием ИИ составит 50 %.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [9]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, – 23. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, защищенных по результатам исследований, – 4 (три из них докторские).

Проект «Моделирование эпидемий вирусных инфекций»

Головной исполнитель – ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – ВНИИ технической физики им. акад. Е.И. Забабахина». Соисполнители: ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики Российской академии наук», ФГУ «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», ФГБУН «Институт вычислительной математики Российской академии наук», ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России, ФГБУ «Национальный исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России.

Руководитель проекта – член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук С.Н. Лебедев.

Цель проводимых исследований

Разработка математических моделей распространения инфекционных заболеваний и создание методик прогнозирования в масштабе Российской Федерации влияния на развитие эпидемий различных административных воздействий, в том числе карантинных мероприятий.

Актуальность проводимых исследований

Актуальность данной научно-исследовательской работы определяется отсутствием адаптированных для российских условий систем прогнозирования распространения как известных, так и неизвестных вирусных инфекций. Реализация проекта должна позволить государственным органам принимать обоснованные решения для минимизации экономических и социальных последствий ограничительных мер, вводимых для сохранения здоровья населения.

Основные результаты

В мировой практике пришли к заключению, что только агентные модели могут определить ключевые механизмы распространения эпидемии. Созданная модель АОМ сопоставима с наиболее развитой агентной моделью Covasim (Covasim: an agent-based model of COVID-19 dynamics and interventions, doi: https://doi.org/10.1101/2020.05.10.20097469; April 1, 2021). Прогностический интервал Covasim составляет около 2 месяцев, АОМ – более 3 месяцев. Модель АОМ превосходит Covasim в том, что учитывает реальную структуру населения РФ и применяемые на территории РФ вакцины. Данные в базах данных Covasim по РФ отсутствуют. Кроме того, только в АОМ реализован учет одновременной циркуляции разных штаммов вируса SARC-Cov-2 (альфа, дельта, омикрон, омикрон-стелс и др.). Модель АОМ применена для оценки развития эпидемии COVID-19 в г. Москве (рис. 5) и РФ (рис. 6).

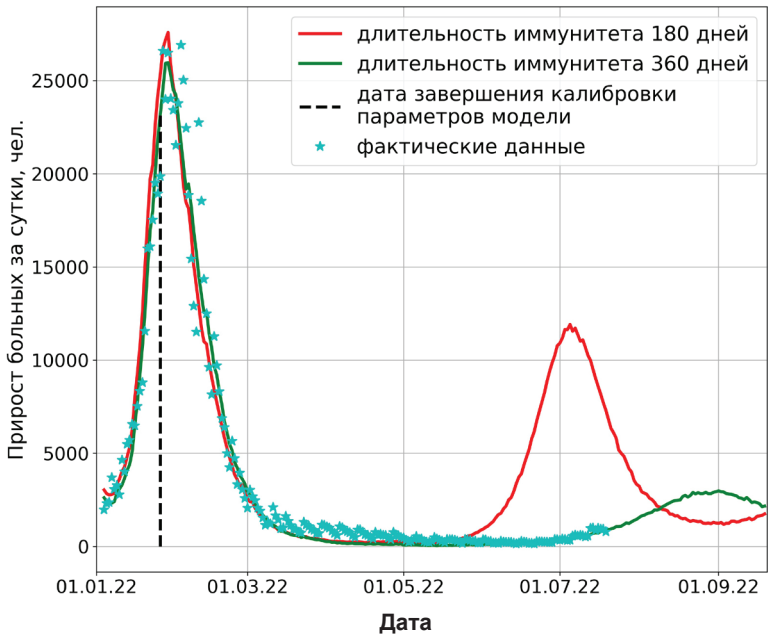


Рис 5. Применение моделирования для построения прогноза развития ситуации с COVID-19 в г. Москве в 2022 г. Длительность прогноза – более 3 месяцев

Показано, что падение иммунитета со временем и появление новых штаммов определяют волнообразный характер с третьей и последующими волнами заболеваемости. Моделированием получено, что для существенного снижения уровня заболеваемости необходимы темпы вакцинации г. Москвы для δ-штамма 50 тыс. чел/день, для РФ – 500 тыс. чел/день. Проведено моделирование эпидемии COVID-19 в масштабе всей страны. Показано (BGRS/SB-2022) сопоставимое качество прогноза нашей модели на период до 4 недель с данными команды ведущих коллективов США (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) (рис. 7).

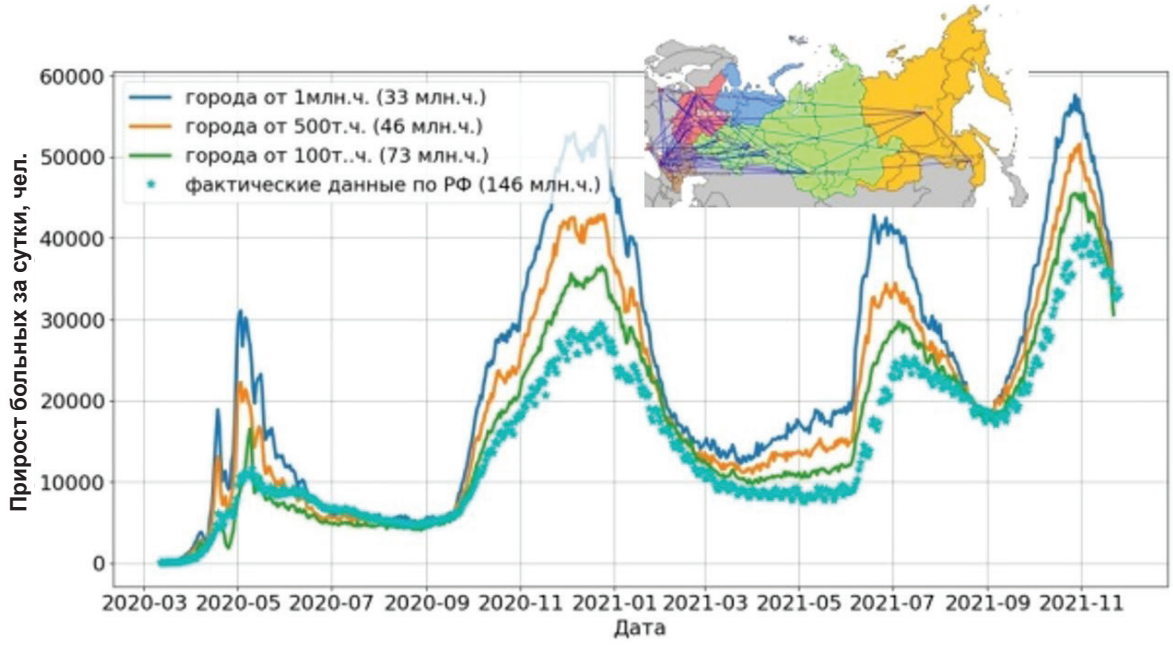


Рис. 6. Моделирование эпидемии в масштабе РФ с учетом притока инфицированных из-за рубежа

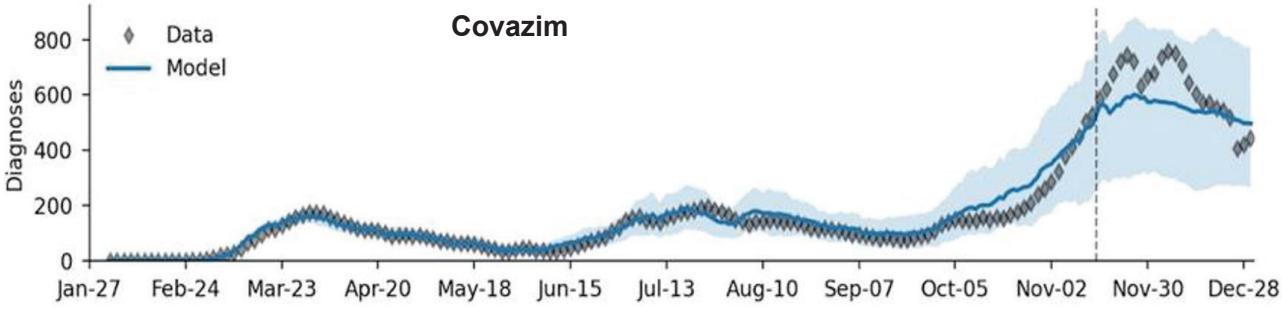


Рис. 7. Построение прогноза Covasim развития ситуации с COVID-19, King County, Seattle, USA, в 2020 г. Длительность прогноза – 45 дней

Ожидаемый эффект

Разработанные модель и расчетный комплекс могут не только применяться для прогнозирования развития эпидемий в РФ и получения оценки эффективности регулирующих мер в целях обоснованного принятия государственными органами решений об их введении с учетом социально-экономических последствий таких мер в масштабах всей страны, но и стать важной частью системы противодействия биологическим угрозам.

Результаты исследований представлены в ЕГИСУ НИОКТР [10]

Обзор промежуточных результатов работ в соответствии с приоритетом 20д – противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства – представлен далее.

Проект «Генерация и распространение высокомощных сверхширокополосных электромагнитных импульсов микроволнового и терагерцового диапазона»

Головной исполнитель – ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук». Соисполнители: ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», ФГБУН «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук», ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук».

Руководитель проекта – чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. С.В. Гарнов.

Цель проводимых исследований

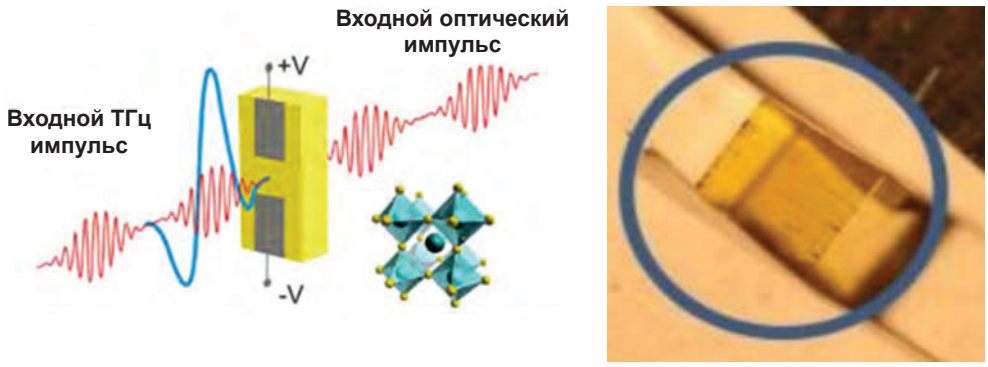
Разработка новых подходов к генерации высокомощных сверхширокополосных электромагнитных импульсов микроволнового и терагерцового диапазона. Определение предельных возможностей новых источников излучения и перспектив их применения в фундаментальных научных исследованиях и прикладных областях, в частности для решения задач метрологии, сверхширокополосной связи и радиолокации.

Актуальность проводимых исследований

Разработка новых методов и уникальных источников электромагнитных импульсов для применения в физическом эксперименте и для междисциплинарных исследований, развитие технических возможностей, в том числе основанных на известных технологиях приборостроения, позволяющих решать прикладные задачи в интересах различных отраслей промышленности.

Основные результаты

Установлены новые физические принципы генерации сверхширокополосных электромагнитных импульсов различных спектральных диапазонов. Реализованы новые уникальные методы генерации сверхширокополосных импульсов терагерцового излучения: на основе лазерного возбуждения сверхсветовой волны электронной эмиссии в вакууме и на основе объемного рождения носителей заряда в алмазе, применимые для разработки новых источников такого излучения с использованием промышленно освоенных технологий (рис. 8).

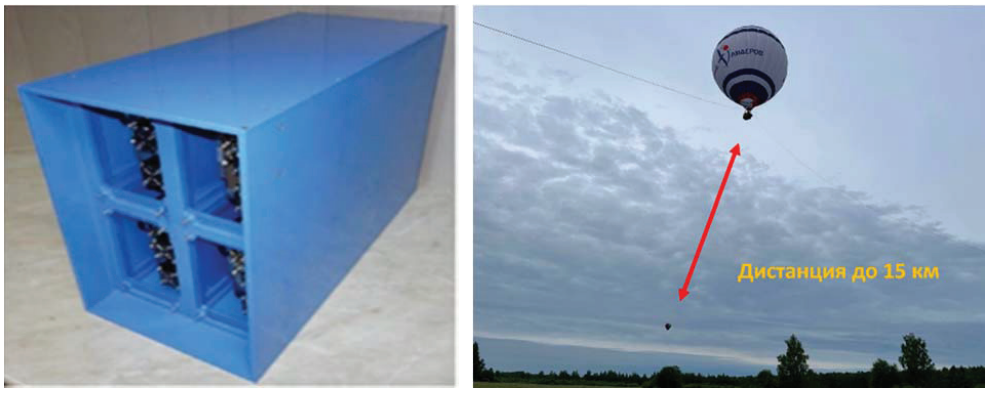


а) *б)*

Рис. 8. Схема ТГц излучения от фотопроводящей антенны на основе перовскитов (*а*), фотопроводящая антенна на основе алмаза (*б*)

Проведен комплекс уникальных крупномасштабных исследований явлений, возникающих при распространении сверхкоротких электромагнитных импульсов в атмосфере (рис. 9) и ионосфере (рис. 10) Земли. Исследования подобного рода в таких масштабах проводятся впервые в мире.

Рис. 9. «Гигантская» коаксиальная линия в помещении стенда «Крот»



а) *б)*

Рис. 10. Синхронная антенная излучающая решетка (*а*), эксперимент по прохождению СШП-сигнала в свободной атмосфере (*б*)

Ожидаемый эффект

Реализация ряда новых уникальных методов генерации сверхширокополосных импульсов терагерцового диапазона, разработанных в ходе крупномасштабных исследований процессов распространения сверхкоротких электромагнитных импульсов в атмосфере и плазменных средах, обеспечит создание на основе разработанных методов комплекса перспективных технических средств и систем связи и передачи электромагнитной энергии.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [6]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, – 16. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, защищенных по результатам исследований, – 1.

Вывод

Представленные в статье промежуточные результаты реализации крупных научных проектов по направлению «Информационно-телекоммуникационные технологии» отражают широкий диапазон исследований: от создания передовых методов защиты информации

и перспективных систем передачи электромагнитной энергии до создания нейроморфного искусственного интеллекта и моделирования эпидемий вирусных инфекций (в частности COVID-19). Указанные результаты являются актуальными и значимыми для развития современной науки и техники, в том числе с практической точки зрения, они соответствуют приоритетам Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Также следует отметить, что исследования, как правило, осуществлялись в рамках консорциумов с ведущими научными учреждениями Российской Федерации.

Результаты реализации крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития были представлены на IX Международном форуме технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2022», прошедшем с 23 по 26 августа 2022 г. в г. Новосибирске [11].

Авторы сообщают об отсутствии конфликтов любых интересов.

Статья выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания на 2022 г. № 075-01615-22-05.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 № 377 «Об утверждении Государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

3. Протокол от 28.07.2020 № 2020-1902-01-3 оценки заявок на участие в конкурсном отборе на предоставление грантов в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации. URL: https://minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=18366&sphrase_id=4182299 (дата обращения: 09.11.2022).

4. Положение о Федеральном реестре экспертов научно-технической сферы. URL: https://reestr.extech.ru (дата обращения: 09.11.2022).

5. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/BVCKDCMCU8YQ6RFVRZ1JYNRF (дата обращения: 09.11.2022).

6. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/8OXVPL4H7CROMCNJDY3UCSVC (дата обращения: 09.11.2022).

7. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/JLIG41N5WZ0OC3YY4ZIPWL23 (дата обращения: 09.11.2022).

8. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/DBGA768M6CRPT7HT7G9Q6ONN (дата обращения: 09.11.2022).

9. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/3YD0MX4OVJUQD80HAZRSWE7E (дата обращения: 09.11.2022).

10. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/Y28F6GUG8B21U2AKR524GE8X (дата обращения: 09.11.2022).

11. IX Международный форум технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2022». URL: https://форумтехнопром.рф (дата обращения: 09.11.2022).

References

1. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 01.12.2016 No. 642 «O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii»* [Decree of the President of the Russian Federation of December 1, 2016. No. 642 «On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation»].

2. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 29.03.2019 No. 377 «Ob utverzhdenii Gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Nauchno-tekhnologicheskoe razvitie Rossiyskoy Federatsii»* [Decree of the Government of the Russian Federation of March 29, 2019 No. 377 «On Approval of the State Program of the Russian Federation «Scientific and Technological Development of the Russian Federation»].

3. *Protokol ot 28.07.2020 No. 2020-1902-01-3 otsenki zayavok na uchastie v konkursnom otbore na predostavlenie grantov v forme subsidiy na provedenie krupnykh nauchnykh proektov po prioritetnym napravleniyam nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii* [Protocol No. 2020-1902-01-3 dated July 28, 2020 of evaluating applications for participation in the competitive selection for grants in the form of subsidies for conducting large scientific projects in priority areas of scientific and technological development of the Russian Federation]. Available at: https://minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=18366&sphrase_id=4182299 (date of access: 9.11.2022).

4. *Polozhenie o Federal'nom reestre ekspertov nauchno-tekhnicheskoy sfery* [Regulations on the Federal Roster of Experts in the Scientific and Technological Sphere]. Available at: https://reestr.extech.ru (date of access: 9.11.2022).

5. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Information card of abstract and bibliographic information]. Available at: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/BVCKDCMCU8YQ6RFVRZ1JYNRF (date of access: 9.11.2022).

6. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Information card of abstract and bibliographic information]. Available at: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/8OXVPL4H7CROMCNJDY3UCSVC (date of access: 09.11.2022).

7. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Information card of abstract and bibliographic information]. Available at: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/JLIG41N5WZ0OC3YY4ZIPWL23 (date of access: 9.11.2022).

8. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Information card of abstract and bibliographic information]. Available at: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/DBGA768M6CRPT7HT7G9Q6ONN (date of access: 9.11.2022).

9. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Information card of abstract and bibliographic information]. Available at: https://rosrid.ru/ikrbs/detail/3YD0MX4OVJUQD80HAZRSWE7E (date of access: 9.11.2022).

10. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Information card of abstract and bibliographic information]. Available at:https://rosrid.ru/ikrbs/detail/Y28F6GUG8B21U2AKR524GE8X (date of access: 09.11.2022).

11. *IX Mezhdunarodnyy forum tekhnologicheskogo razvitiya «TEKhNOPROM-2022»* [IX International Forum of Technological Development «TECHNOPROM-2022»]. Available at: https://forumtechnoprom.rf (date of access: 09.11.2022).