

новостей Российского научного фонда

# Дайджест

**Академик Игорь Мохов  
о климатических моделях  
и важности прогнозирования**

читайте

**32**  
стр.

В номере

**6**

Предсказано существование второго бозона Хиггса

**14**

Создан эффективный пестицид на основе патогена бабочек

**24**

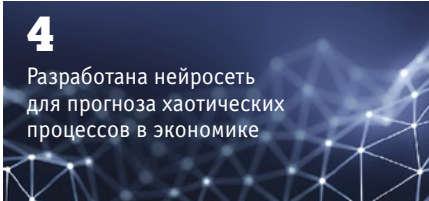
Подведены итоги работы РНФ в 2022 году

**29**

Открыты новые конкурсы в рамках Президентской программы

## ОТКРЫТИЯ

**4**  
Разработана нейросеть для прогноза хаотических процессов в экономике



**6**  
Предсказано существование второго бозона Хиггса



**8**  
Обнаружен новый способ вакцинации

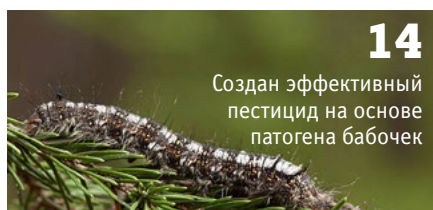


**10**  
Раскрыт новый вариант превращения возбудителя туберкулеза в суперпатоген

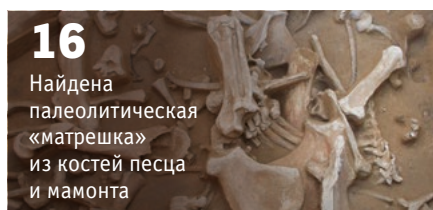
**12**  
Кетогенная диета защитит клетки мозга от инсульта



**14**  
Создан эффективный пестицид на основе патогена бабочек



**16**  
Найдена палеолитическая «матрешка» из костей песка и мамонта



**18**  
Развитие системы образования и социальной инфраструктуры поможет сохранить население Арктики

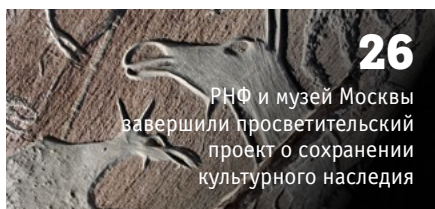
**20**  
Выведена математическая модель для защиты от пожара



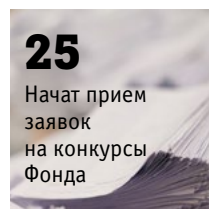
## СОБЫТИЯ

**24**  
Подведены итоги работы РНФ за 2022 год

**26**  
РНФ и музей Москвы завершили просветительский проект о сохранении культурного наследия



**25**  
Начат прием заявок на конкурсы Фонда



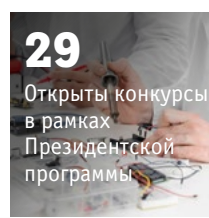
**27**  
Грантополучатели Фонда приняли участие в мероприятиях, посвященных Дню космонавтики

**27**  
В рамках форума «Ломоносов-2023» состоялась встреча с молодыми учеными и лекторий РНФ

**28**  
Благодарности и награды Президента России сотрудникам Фонда

**29**  
Встречи с научной общественностью

**29**  
Открыты конкурсы в рамках Президентской программы



## ИНТЕРВЬЮ

**32**  
Академик Игорь Мохов о климатических моделях и важности прогнозирования

**42**  
Химик Александр Кустов о сокращении выброса CO<sub>2</sub>



## СПЕЦПРОЕКТ

50



**ОТ  
КРЫ  
ТИЯ**



Источник: ТАСС

## РАЗРАБОТАНА НЕЙРОСЕТЬ ДЛЯ ПРОГНОЗА ХАОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОНОМИКЕ

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Границы глобальной устойчивости и анализ скрытых колебаний: теория и приложения



Руководитель проекта

Николай Владимирович  
Кузнецов

доктор физико-математических  
наук



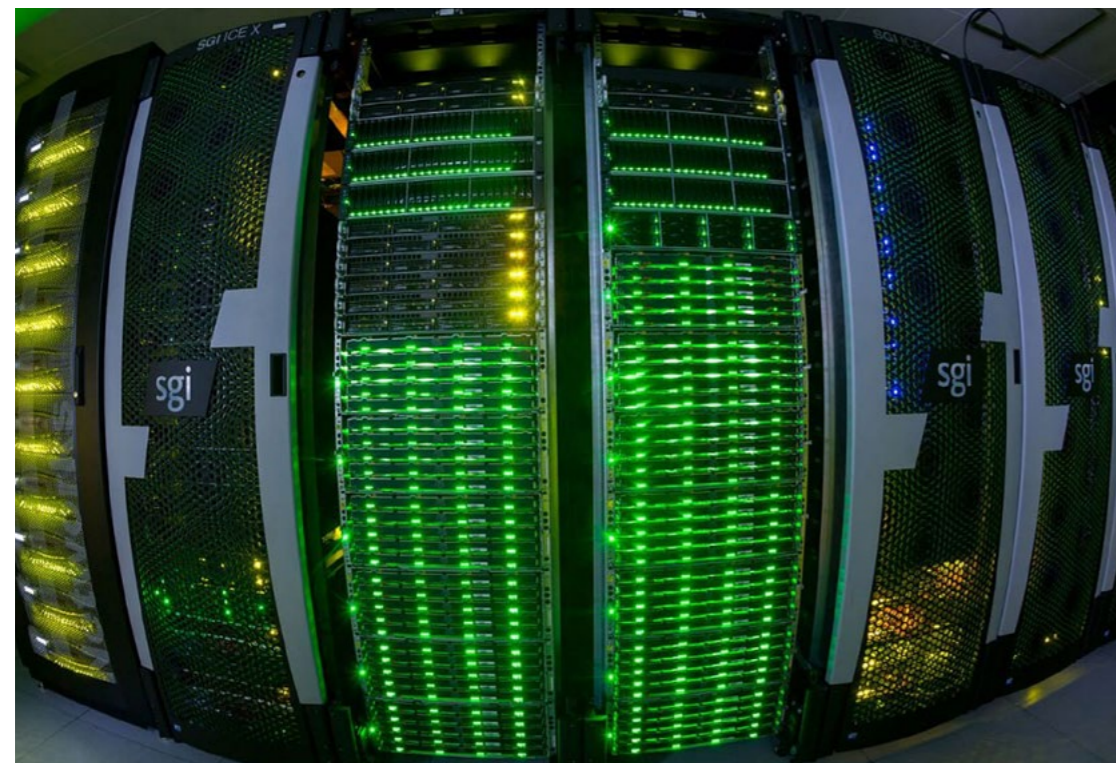
Санкт-Петербургский государственный  
университет



Санкт-Петербург



2022–2024



◀ Суперкомпьютер SALOMON Национального суперкомпьютерного центра в Остраве (Чехия).  
Источник: Татьяна Алексеева



На состояние экономики влияет множество различных факторов. Иногда это могут быть неожиданные и редкие события, как, например, появление нового вируса, а иногда факторы, уже существующие внутри самой системы: например, периоды подъема и спада в экономике или возникновение финансовых пузырей. Подобные критические состояния и даже предвестники катастроф до определенного момента могут быть скрыты. Однако, проявляясь, они способны привести к труднопрогнозируемому, в том числе хаотическому, поведению системы.

**ИССЛЕДОВАТЕЛИ ПРЕДЛОЖИЛИ ПОДХОД, КОТОРЫЙ ПОМОЖЕТ НАХОДИТЬ СКРЫТЫЕ НЕРЕГУЛЯРНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВНУТРИ СИСТЕМ. ДЛЯ ЭТОГО ГРУППА ИСПОЛЬЗОВАЛА НОВЫЕ АНАЛИТИКО-ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.**

Свой подход ученые протестировали на двух популярных экономических моделях — модели пересекающихся поколений, разработанной нобелевскими лауреатами Полом Самуэльсоном и Питером Даймондом, и пространственно-временной модели глобального рынка товаров.

Расчеты на суперкомпьютерах показали, что алгоритмы искусственного интеллекта могли эффективно находить скрытые тренды и предсказывать поведение моделей. В перспективе это позволит использовать их не только для прогнозирования трендов, но и для подбора оптимальных решений во время кризисов, подытожили ученые. Работа опубликована в журнале *Chaos, Solitons and Fractals*.



Источник: ТАСС

## ПРЕДСКАЗАНО СУЩЕСТВОВАНИЕ ВТОРОГО БОЗОНА ХИГГСА

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Поиск новой физики вне Стандартной модели через Хиггсовский сектор в рамках голографического подхода и эффективной теории поля



Руководитель проекта

**Сергей Сергеевич  
Афонин**

доктор физико-математических  
наук



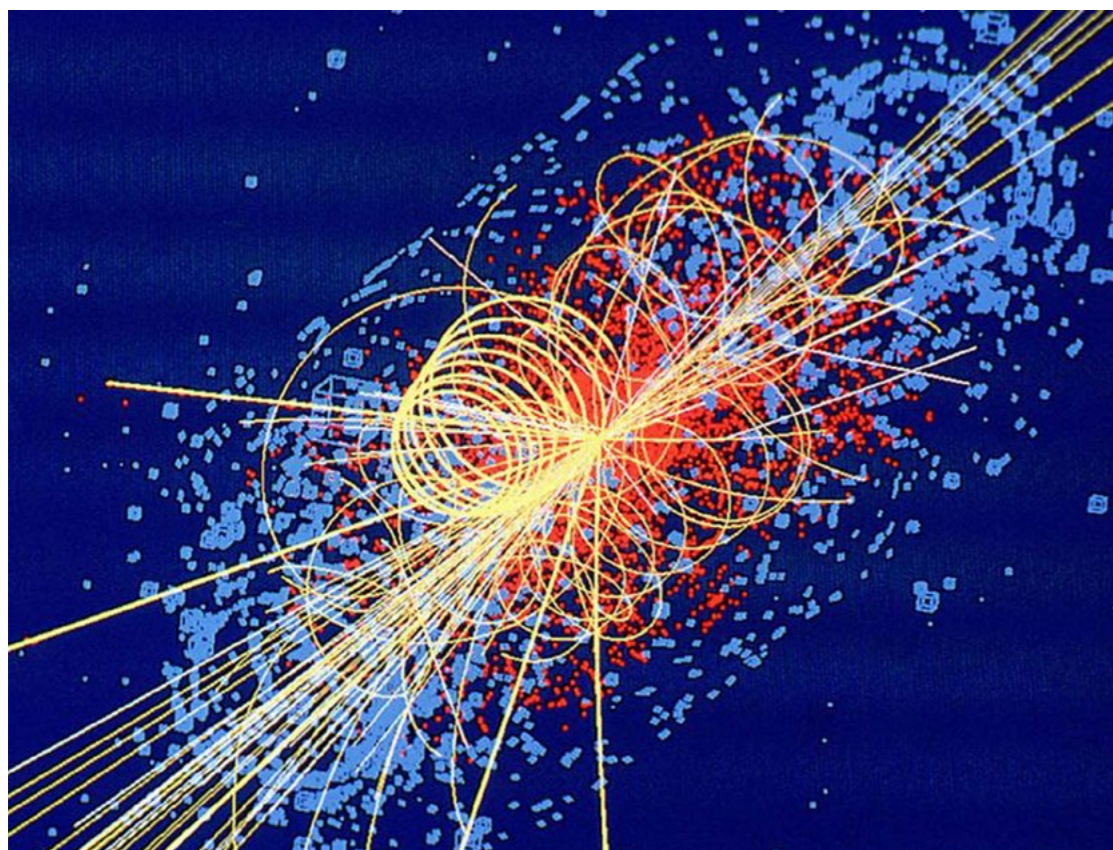
Санкт-Петербургский государственный университет



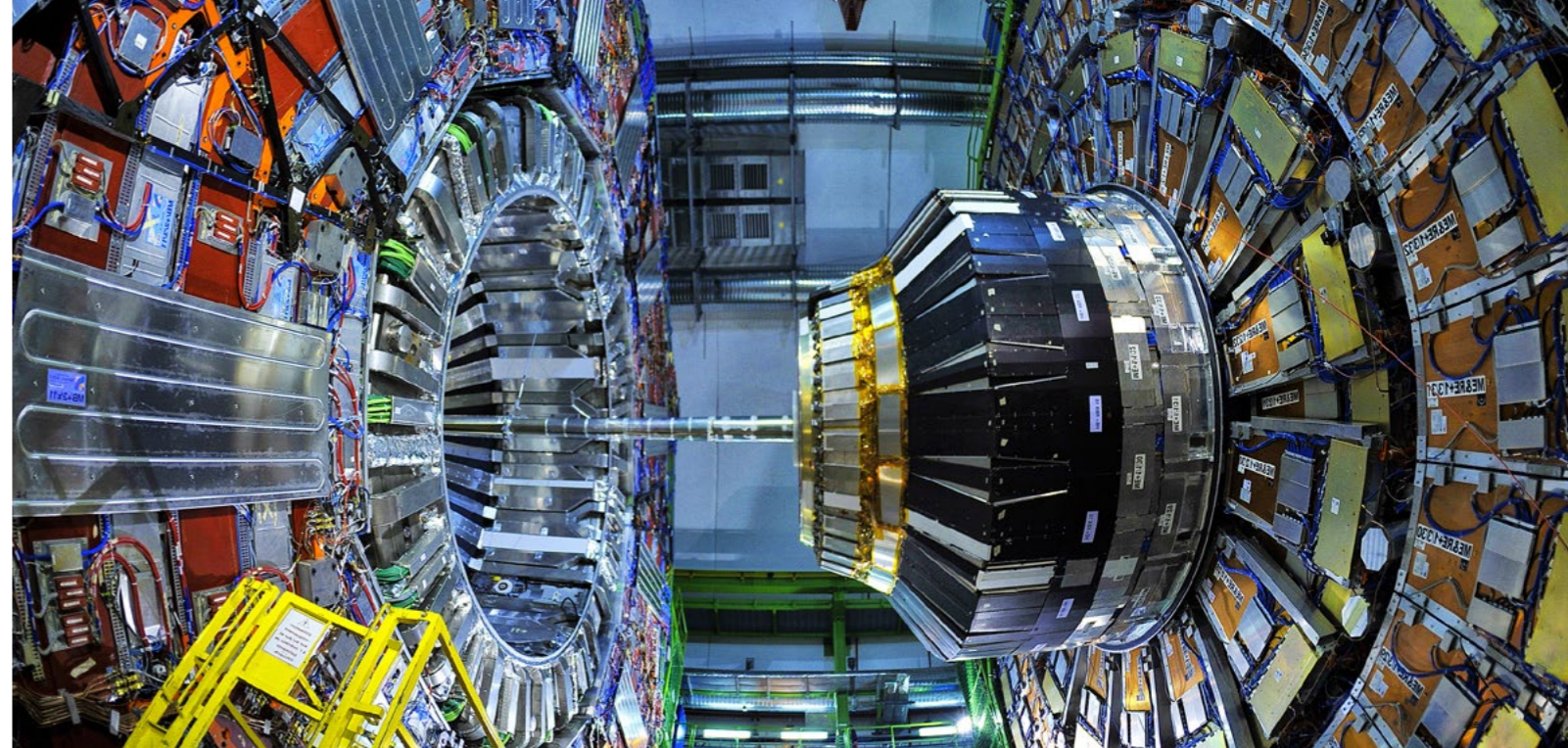
Санкт-Петербург



2021–2023



Источник: Lucas Taylor/CERN



Стандартная модель — это современная теория строения и взаимодействий элементарных частиц. Она позволяет описывать происходящие вокруг нас процессы, предсказывать пока неизвестные свойства материи и «создавать» новые. Теория основана на небольшом количестве постулатов, которые многократно и с точностью до сотых долей процента подтверждались в экспериментах.

Наблюдение в ЦЕРНе\* бозона Хиггса — «частицы Бога», с которой могла начаться Вселенная, — как будто бы завершило эпоху открытий фундаментальных элементарных частиц. Однако вопросы к Стандартной модели остались, так как она объясняет далеко не все явления. Например, почему во Вселенной почти нет антивещества, или почему нейтрино имеют хоть и ничтожно малую, но ненулевую массу. Гипотетически могут существовать и другие бозоны Хиггса, которые влияют на «стандартный». Расширение Стандартной модели хотя бы на одну такую частицу может объяснить вышеупомянутые несоответствия. Но здесь встает вопрос о величине массы второго бозона Хиггса: от нее зависит, как можно решить проблемы на уровне количественных предсказаний, а также как понять, по каким признакам искать такую частицу в экспериментах.

### РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБОТАЛИ ТЕОРЕТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ, ПОЗВОЛЯЮЩУЮ ПРЕДСКАЗАТЬ МАССУ ВТОРОГО ГИПОТЕТИЧЕСКОГО БОЗОНА ХИГГСА.

В основе концепции лежит идея о том, что бозон Хиггса может быть составной частицей, части которой очень сильно связаны, наподобие того, как кварки сильно связаны внутри протонов и нейтронов. Расчеты показали, что второй бозон Хиггса имеет массу примерно в четыре раза больше первого, но доказать его существование еще предстоит.

Предполагается, что эта частица заметно взаимодействует только с известным бозоном Хиггса, поэтому в образовании масс других элементарных частиц не участвует. Результаты исследования опубликованы в журнале *Physics Letters B*.

\* ЦЕРН (CERN) — Европейская организация по ядерным исследованиям, расположенная в Швейцарии.



Источник: Russia Today

Президентская программа

## ПРЕДЛОЖЕН НОВЫЙ СПОСОБ ВАКЦИНАЦИИ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА


Биодеградируемые контейнеры для неинвазивной  
интрадермальной доставки глюкокортикостероидов




Руководитель проекта

Юлия Игоревна  
Свенская

кандидат физико-математических  
наук

 Саратовский государственный  
университет

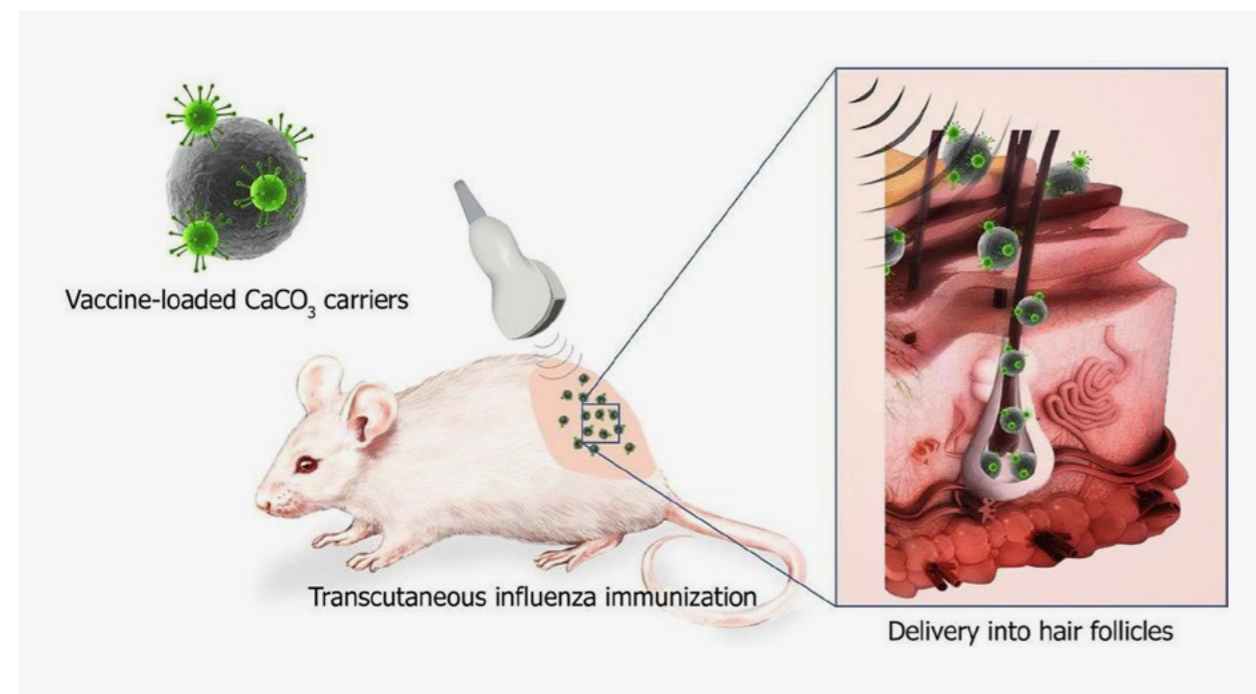
 Саратов

 июль 2022 — июнь 2025



На сегодняшний день инъекция — это самый распространенный способ введения вакцины. Этот процесс требует грамотно подготовленного персонала и сопровождается вероятностью занесения инфекции и травмирования сосудов. Альтернативой может стать введение вакцины через кожу человека. В коже содержится большое количество клеток врожденного иммунитета. Их активация вызывает сильный адаптивный иммунный ответ, поэтому такой способ вакцинации зачастую оказывается более эффективным, чем подкожные и даже внутримышечные инъекции.

**УЧЕНЫЕ ПРЕДСТАВИЛИ СПОСОБ ЧРЕСКОЖНОГО ВВЕДЕНИЯ ВАКЦИНЫ ПО ВОЛОСЯНЫМ ФОЛЛИКУЛАМ. ДЛЯ ЭТОГО ОНИ ПОМЕСТИЛИ ВАКЦИНУ ОТ ГРИППА В КРОШЕЧНЫЙ НОСИТЕЛЬ-МАТРИЦУ ИЗ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ И НАНЕСЛИ ЕЕ НА КОЖУ МЫШАМ.**



Суть нового подхода к чрескожной иммунизации.  
Источник: Юлия Свенская/Journal of Materials  
Chemistry, 2023



Источник: ТАСС

Президентская программа

## РАСКРЫТ НОВЫЙ ВАРИАНТ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ ТУБЕРКУЛЕЗА В СУПЕРПАТОГЕН

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Влияние субингибирующих концентраций антибиотиков на развитие лекарственной устойчивости у микобактерий



Руководитель проекта

**Алексей Александрович Ватлин**

кандидат биологических наук



Российский университет дружбы народов



Москва



июль 2022 — июнь 2024



Чашки Петри с исследуемым штаммом *M. smegmatis* mc2 155. Источник: Алексей Ватлин



Туберкулез входит в топ-10 причин смерти во всем мире, а возбудитель этого заболевания — микроорганизм *Mycobacterium tuberculosis* — обнаруживается примерно у четверти населения земного шара. Как и с другими патогенными микроорганизмами, в случае туберкулезных микобактерий имеет место лекарственная резистентность, то есть невосприимчивость к одному или даже нескольким препаратам. Биологи изучили влияние малых доз антибиотиков на формирование лекарственной устойчивости у микобактерий. В исследовании задействовали непатогенных родственников возбудителя туберкулеза *M. smegmatis* mc2 155. Генетически они очень близки, однако у выбранного штамма примерно вдвое больше генов, ответственных за нейтрализацию различных лекарственных средств. Для эксперимента отобрали ключевые препараты противотуберкулезной терапии — канамицин, стрептомицин, офлоксацин и тетрациклин. Ученые проследили за тем, как они действуют на микробы.

**ВЫЯСНИЛОСЬ, ЧТО МИКРОДОЗЫ СРЕПТОМИЦИНА ЗАСТАВЛЯЛИ ПАТОГЕН АКТИВНЕЕ СОПРОТИВЛЯТЬСЯ ДЕЙСТВИЮ РИФАМПИЦИНА — ОДНОГО ИЗ ШИРОКО ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОТИВОТУБЕРКУЛЕЗНОЙ ТЕРАПИИ ПРЕПАРАТОВ.**

Следовые количества канамицина и тетрациклина повышали стойкость микробов к действию более девяти антибиотиков за счет активации большого числа генов, входящих в резистом *Mycobacterium smegmatis*. Схожие изменения, как предполагают биологи, происходят и при контакте туберкулезной палочки с микродозами антибиотиков, присутствующими в окружающей среде. Результаты исследования, опубликованного в журнале *Biology*, подчеркивают важность аккуратного и минимального использования антибиотиков в аграрной и пищевой промышленности.

Источник: Газета.Ru

Президентская программа

## КЕТОГЕННАЯ ДИЕТА ЗАЩИТИТ КЛЕТКИ МОЗГА ОТ ИНСУЛЬТА



НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Молекулярные механизмы адаптации ткани к острому ишемическому повреждению



Руководитель проекта

Егор Юрьевич  
Плотников

доктор биологических наук



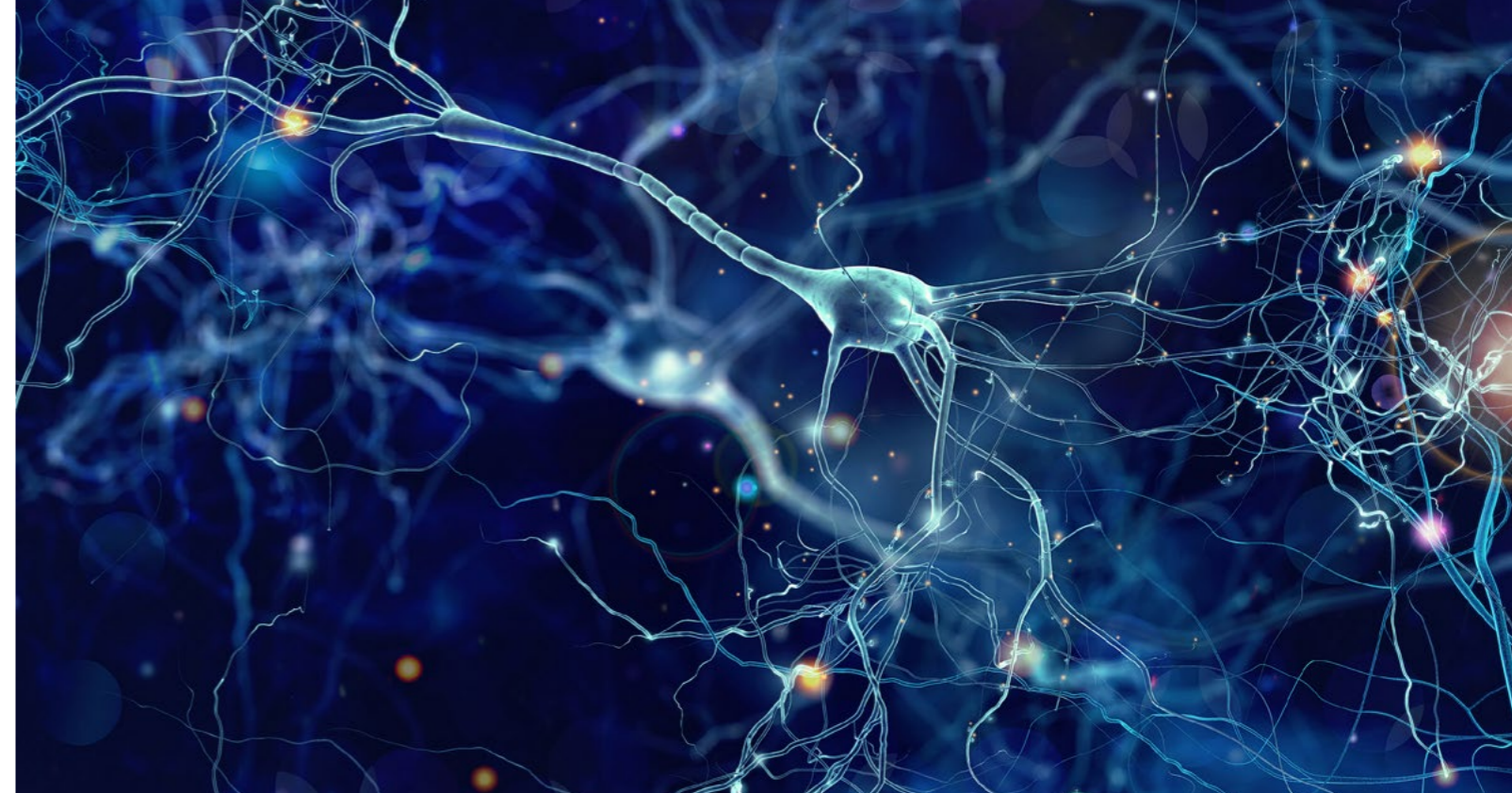
Московский государственный университет  
имени М. В. Ломоносова



Москва



2021–2024



Инсультами называют сразу несколько патологий, при которых происходит резкое нарушение кровоснабжения головного мозга. При таком состоянии нарушается работа митохондрий — энергетических станций клеток, — и происходит гибель нейронов. Это делает митохондрии потенциальными мишенями для разработки противоинсультных препаратов, которые могут ускорить восстановление пациента и предотвратить осложнения.



Источник:  
пресс-служба РНФ

### УЧЕНЫЕ ПРЕДПОЛОЖИЛИ, ЧТО НА РАБОТУ МИТОХОНДРИЙ МОЖЕТ ВЛИЯТЬ ИЗМЕНЕНИЕ РАЦИОНА: В ЧАСТНОСТИ, КЕТОГЕННАЯ ДИЕТА, ГДЕ ОСНОВНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ ЯВЛЯЮТСЯ ЖИРЫ.

В результате человек насыщается быстрее и потребляет меньше калорий, что активирует синтез веществ, стимулирующих и поддерживающих развитие нейронов. Альтернативой кетогенной диете выступают препараты, запускающие те же биохимические пути, что и недостаток калорий: в частности, гидроксицитриновая кислота. Чтобы изучить влияние кетогенной диеты и гидроксицитриновой кислоты на головной мозг, ученые искусственно вызвали инсульт у 69 грызунов. Затем их разделили на три группы: первая получала стандартное питание, вторая была на кетогенной диете, а в третьей группе к стандартной еде добавляли гидроксицитриновую кислоту. Мыши питались таким образом в течение двух недель. Кетогенная диета защитила ДНК митохондрий от повреждений при инсульте, а гидроксицитриновая кислота, напротив, лишь усугубила последствия болезни. Половина мышей погибла в течение трех дней после инсульта, а у выживших было больше всего повреждений.

Исследование, опубликованное в *Molecular Neurobiology*, позволит скорректировать терапию, которую рекомендуют при профилактике инсульта и лечении его последствий.





Источник: Научная Россия

## НОВЫЙ ШТАММ ПАТОГЕНА БАБОЧЕК СТАНЕТ ОСНОВОЙ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПЕСТИЦИДА

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Усовершенствованная интегрированная система управления популяций лесных вредителей, основанная на их удаленном мониторинге



Руководитель проекта

Вячеслав Викторович  
Мартемьянов

кандидат биологических наук



Институт систематики  
и экологии животных СО РАН



Новосибирск



2021–2023



Гусеница сибирского  
шелкопряда



Использование химических пестицидов не слишком экологично. Кроме того, пестициды опасны не только для вредителей, но также для животных и человека. Альтернативный подход — привлекать к борьбе естественных врагов и патогены, например возбудителей заболеваний насекомых.

**БИОЛОГИ ПРЕДЛОЖИЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ В КАЧЕСТВЕ ПЕСТИЦИДА ВИРУС ИЗ РОДА CYROVIRUS. ЕГО ПРЕДСТАВИТЕЛИ ВЫЗЫВАЮТ КИШЕЧНУЮ ИНФЕКЦИЮ, ЗАКАНЧИВАЮЩУЮСЯ ГИБЕЛЬЮ НАСЕКОМОГО ОТ ГОЛОДА, — ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРОСТО ПЕРЕСТАЮТ ВСАСЫВАТЬСЯ.**

Вирус был обнаружен в гусеницах сибирского шелкопряда, который поражает наиболее важные виды хвойных деревьев в тайге. Примечательно, что обнаруженный патоген оказался достаточно агрессивным: всего 25 вирусных частиц убивали вредителя с 50% вероятностью в течение двух недель.

Ученые улучшили препарат патогена, добавив к нему усилитель — оптический отбеливатель. Так удалось снизить летальную дозу более чем в десять раз и увеличить скорость гибели личинок практически вдвое. Как следствие, можно будет использовать меньше инсектицида с прежней эффективностью. Статья, рассказывающая о результатах исследования, вышла в журнале *Microbiology Spectrum*.

Источник: Naked Science



## В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НАЙДЕНА ПАЛЕОЛИТИЧЕСКАЯ «МАТРЕШКА» ИЗ КОСТЕЙ ПЕСЦА И МАМОНТА

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Мегафауна и окружающая среда позднего плейстоцена юга Западно-Сибирской равнины: экология, хронология, причины вымирания



Руководитель проекта

**Ярослав Всеволодович Кузьмин**

доктор географических наук



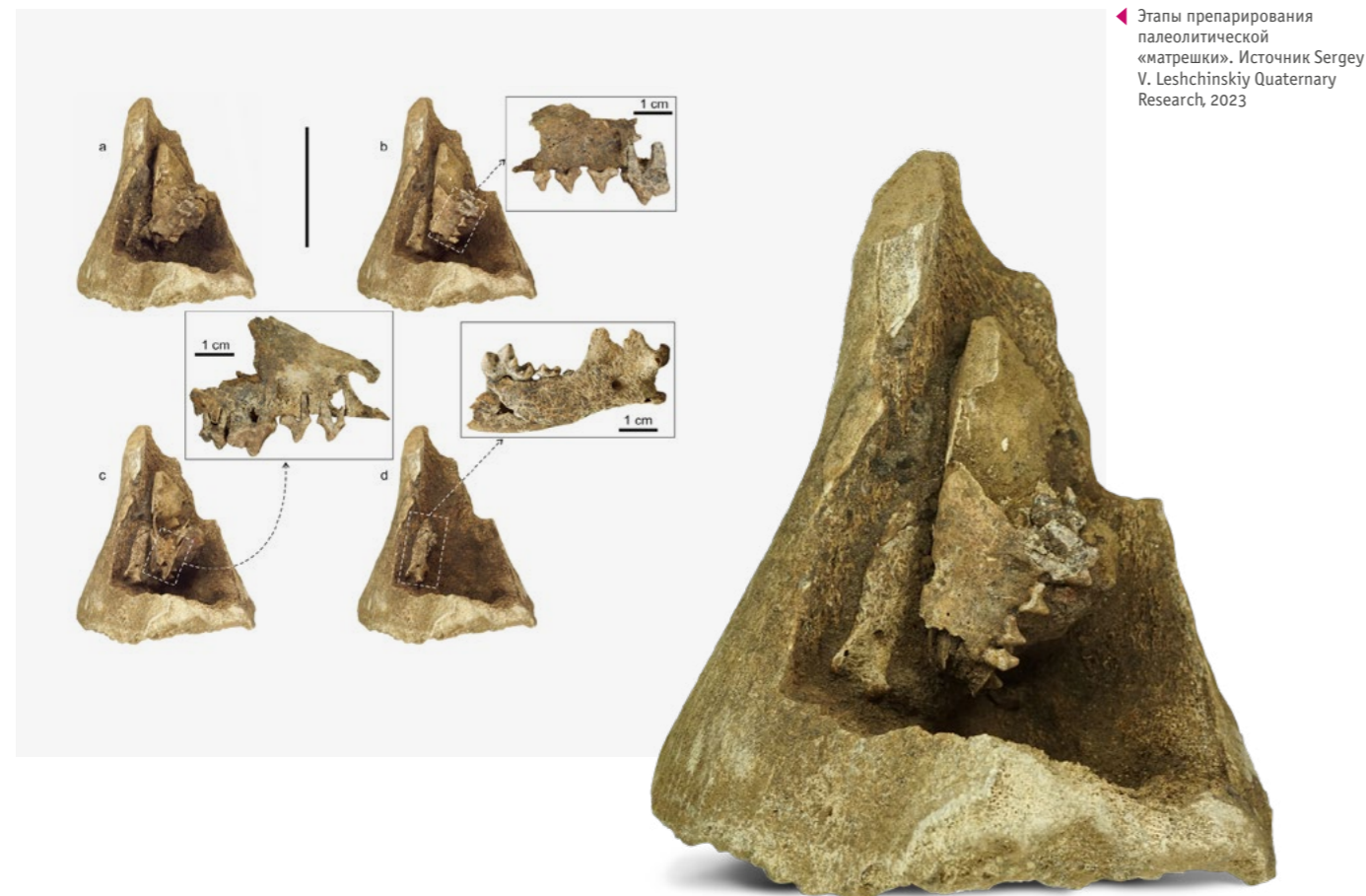
Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН



Новосибирск



2020–2022



◀ Этапы препарирования палеолитической «матрешки». Источник: Sergey V. Leshchinskiy Quaternary Research, 2023



Археологи обнаружили в Западной Сибири своеобразную «матрешку» из костей животных возрастом 23 тысячи лет. Она представляет собой бедренную кость мамонта с искусственно выдолбленной прямоугольной нишей глубиной восемь сантиметров, куда помещены части черепа, нижней челюсти и зуб песца, а также фрагмент ребра крупного млекопитающего. Полных аналогов этому объекту на территории Евразии пока неизвестно.

Раскопки велись на Волчьей гриве — крупнейшем в Азии массовом захоронении костей мамонтов и других животных времени последнего ледникового максимума.

◀ Раскопки на Волчьей Гриве. Разрез отложений гривы на окраине с. Мамонтово. С рейкой — Елена Буржанова, член исследовательской группы. Источник: Ярослав Кузьмин

**ПАЛЕОЛИТИЧЕСКАЯ «МАТРЕШКА» БЫЛА НАЙДЕНА СРЕДИ ДРУГИХ АРТЕФАКТОВ: ИХ ЧИСЛО ПРЕВЫШАЛО 1400 ПРЕДМЕТОВ НА ОДИН КВАДРАТНЫЙ МЕТР.**

Для чего люди изготовили древнюю «матрешку», достоверно неизвестно. Однако у черепа песца отсутствуют носовая, глазничная и ушная области, которые, по всей вероятности, были удалены специально. Этот признак напоминает ритуальную церемонию, которую в наши дни проводят коренные народы Западной Сибири — ханты и манси. Результаты исследования опубликованы в журнале *Quaternary Research*.



Источник: InScience

Президентская программа

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОМОЖЕТ СОХРАНИТЬ НАСЕЛЕНИЕ АРКТИКИ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Мотивационные драйверы в динамике потоков человеческих ресурсов в Российской Арктике: тенденции, вызовы, перспективы



Руководитель проекта

Ирина Сергеевна  
Степуть

кандидат экономических наук



Петрозаводский государственный университет



Петрозаводск



июль 2022 — июнь 2025



Участники научного коллектива: И. С. Степуть, А. В. Симакова, Е. А. Хотеева, А. О. Аверьянов.  
Источник: Ирина Степуть



Арктические регионы богаты природными ресурсами, а на их территории располагаются ключевые для экономики страны производства и корпорации. При этом за последнее десятилетие численность жителей Арктики снизилась примерно на 5%.

### УЧЕНЫЕ СЧИТАЮТ, ЧТО УЛУЧШИТЬ ДЕМОГРАФИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ МОГУТ МИГРАНТЫ, ПЕРЕЕЗЖАЮЩИЕ ИЗ ДРУГИХ РЕГИОНОВ СТРАНЫ, А ТАКЖЕ МЕСТНОЕ НАСЕЛЕНИЕ — В СЛУЧАЕ, ЕСЛИ ОНО НЕ БУДЕТ ПОКИДАТЬ РОДНОЙ КРАЙ.

Социологи оценили, как изменилась численность населения с 2014 по 2021 год на арктических территориях в девяти российских регионах. Выяснилось, что в арктической части Карелии, Коми, Архангельской и Мурманской областях с каждым годом становится все заметнее естественная убыль населения, причина которой — превышение смертности над рождаемостью. Так, например, в арктических районах Карелии этот показатель с 2014 по 2021 год возрос примерно в шесть раз.

Чтобы определить причины миграций, ученые проанализировали возраст людей, переезжающих жить в Арктику и покидающих ее. Оказалось, что более 10% оттока населения обеспечивают выпускники школ, которые уезжают учиться в вузах и колледжах других регионов. В то же время почти 25% вновь прибывших составляют люди в возрасте 22–29 лет. Арктика привлекательна благодаря высоким зарплатам, поэтому сюда ежегодно приезжают на работу молодые специалисты. Для того чтобы миграционный поток в регион превысил отток, нужно развивать образовательную, медицинскую и социальную сферы, делая Арктику более комфортной для жизни. Статья с результатами исследования вышла в журнале *Problems of territory's development*.

Источник: Поиск



## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАССЧИТАЕТ ДЛИНУ ЗАГРАДИТЕЛЬНОЙ ПОЛОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРА

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Обоснование по результатам экспериментальных и теоретических исследований возможности создания технологий с обратной связью для подавления горения и дымоосаждения в закрытых и изолированных от внешней среды помещениях



Руководитель проекта

**Гений Владимирович Кузнецов**

доктор физико-математических наук



Томский политехнический университет



Томск



2021–2023



Один из перспективных способов борьбы с лесными пожарами — создание заградительной полосы за счет распыления воды или веществ с огнеупорными свойствами. Пожар, достигая этой контрольной линии, останавливается, пока влажная часть лесного топлива не высохнет. Затем он продолжает движение, но уже с меньшей скоростью. Эта скорость зависит от глубины увлажнения, концентрации влаги в горючей растительности и ее остатках и протяженности заградительной полосы.

Ученые предложили новый подход к созданию математической модели для прогнозирования распространения лесных пожаров. Опираясь на экспериментальные данные, они описали комплекс ключевых физико-химических процессов, протекающих во влажном слое лесного топлива при быстром нагреве.

**СОЗДАННАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЯМИ МОДЕЛЬ УЧИТЫВАЕТ ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ ВО ВРЕМЕНИ СВОЙСТВА И ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ, А ТАКЖЕ ТАКОЙ ФАКТОР, КАК ПОТОК ИЗЛУЧЕНИЯ. ЭТО ПОЗВОЛИТ ДЕЛАТЬ РАСЧЕТЫ ДЛЯ РАЗНЫХ ВЫСОТ ПЛАМЕНИ.**

Используя предложенную численную модель, можно получить достаточно точные распределения температуры и других важных физических характеристик лесного горючего материала за определенный промежуток времени. Благодаря этому можно оценить протяженность водной заградительной полосы, необходимой для локализации пожара. Кроме того, с помощью модели можно проводить расчеты не только для воды, но и для других тушащих веществ на ее основе, а также различных видов лесного горючего материала. Статья, описывающая результаты исследования, вышла в журнале *Fire*.



**СО  
БЫ  
ТЯ**



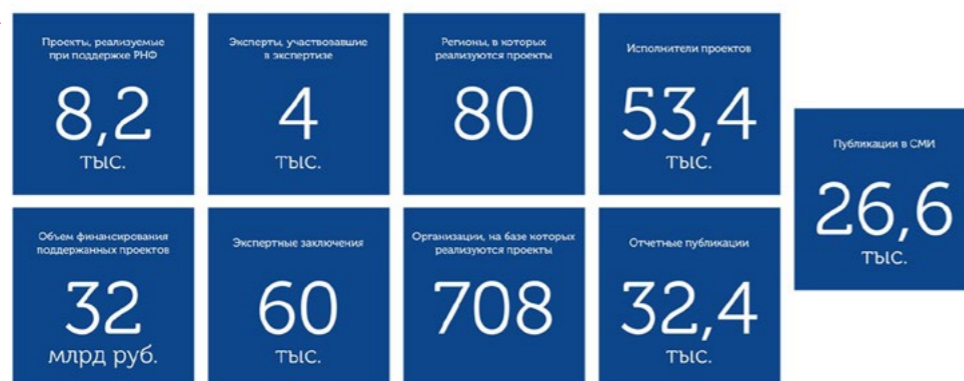
◀ Генеральный директор РНФ Александр Хлунов. Copyright 2023 TASS, all rights reserved

АПРЕЛЬ

## АЛЕКСАНДР ХЛУНОВ ПРЕДСТАВИЛ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ РНФ ЗА 2022 ГОД

13 апреля в ТАСС состоялась пресс-конференция, посвященная презентации отчета о деятельности РНФ в 2022 году и результатам исследований ведущих российских ученых, грантополучателей Фонда. Генеральный директор РНФ Александр Хлунов рассказал об основных итогах года и результатах научных проектов, поддержанных Фондом. В пресс-конференции также приняли участие грантополучатели: заведующий отделом археологии каменного века Института археологии и этнографии СО РАН Михаил Шуньков, старший научный сотрудник физического факультета Университета ИТМО Полина Капитанова и старший научный сотрудник Института перспективных материалов и технологий НИУ МИЭТ Петр Лазаренко.

Ключевые показатели 2022 года. Источник: пресс-служба РНФ



## НАЧАТ ПРИЕМ ЗАЯВОК НА КОНКУРСЫ ФОНДА

РНФ объявил о начале приема заявок на конкурсы малых отдельных научных групп, малых отдельных научных групп совместно с регионами России и отдельных научных групп совместно с регионами России. Кроме того, открыт прием заявок на совместный конкурс по поддержке исследований молодежных российско-белорусских научных коллективов, проводимых совместно с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований.



Региональные конкурсы и конкурсы малых отдельных научных групп



Совместный конкурс РНФ и БРФФИ



АПРЕЛЬ

## РНФ И МУЗЕЙ МОСКВЫ ЗАВЕРШИЛИ ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ О СОХРАНЕНИИ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Весной в Центре Гиляровского, филиале Музея Москвы, состоялся цикл встреч с учеными в рамках научно-просветительского проекта «Хранители культурного наследия». Ведущие российские археологи, лингвисты, физики и фольклористы на протяжении нескольких месяцев рассказывали о том, как они изучают памятники нематериальной культуры и артефакты прошлого. Ученые также поясняли, почему важно знать и развивать культуру разных регионов и национальностей России. Записи лекций доступны в социальных сетях Фонда.



Проект «Хранители культурного наследия»



АПРЕЛЬ

## ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ ФОНДА ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ В МЕРОПРИЯТИЯХ, ПОСВЯЩЕННЫХ ДНЮ КОСМОНАВТИКИ

15 апреля в московском парке «Зарядье» прошла акция «КОСМИЧЕСКИ!», приуроченная ко Дню космонавтики. В рамках Десятилетия науки и технологий и Года наставника и педагога российские ученые, в том числе грантополучатели РНФ, рассказали школьникам и студентам о передовых достижениях в области изучения космоса.

АПРЕЛЬ

## В РАМКАХ ФОРУМА «ЛОМОНОСОВ-2023» ПРОШЛА ВСТРЕЧА С МОЛОДЫМИ УЧЕНЫМИ И ЛЕКТОРИЙ РНФ

12 апреля генеральный директор РНФ Александр Хлунов посетил Международный молодежный научный форум «Ломоносов» и провел встречу с молодыми учеными. Мероприятие прошло в формате открытого диалога, во время которого исследователи смогли задать руководителю Фонда интересующие их вопросы.



Встреча Александра Хлунова с молодыми учеными



Лекторий РНФ



▲  
Источник: Алиса Черкасова, пресс-служба КФУ

**АПРЕЛЬ**



**БЛАГОДАРНОСТИ И НАГРАДЫ  
ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ  
СОТРУДНИКАМ ФОНДА**

Генеральный директор РНФ Александр Хлунов и председатель экспертного совета Александр Клименко были награждены Орденом почета за заслуги в развитии системы грантовой поддержки фундаментальных научных исследований. Заместители генерального директора РНФ Андрей Блинов и Сергей Лебедев были награждены медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. Кроме того, президент Владимир Путин объявил благодарность Игорю Проценко и коллективу РНФ за заслуги в развитии системы грантовой поддержки фундаментальных научных исследований.

**АПРЕЛЬ — ИЮНЬ**

**ВСТРЕЧИ С НАУЧНОЙ ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ**

РНФ продолжает участвовать во встречах с научной общественностью. Заместитель генерального директора Фонда Андрей Блинов провел вебинар для представителей научных организаций и вузов новых территорий, а также посетил с рабочим визитом Чеченскую республику. Генеральный директор РНФ Александр Хлунов встретился с учеными Казанского федерального университета.



Вебинар для новых территорий



Андрей Блинов посетил с рабочим визитом Чеченскую Республику

**МАЙ**

**ОТКРЫТО ПЯТЬ НОВЫХ КОНКУРСОВ В РАМКАХ  
СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИНИЦИАТИВ ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИИ В НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ**

Поддержку получают проекты в трех направлениях: медицина, сельское хозяйство и микроэлектроника. Приоритет будет отдан заявкам, предусматривающим создание новой или усовершенствование производимой продукции (товаров, работ, услуг), создание новых или усовершенствование применяемых технологий. Реализация проекта должна быть направлена на формирование научных и технологических заделов, обеспечивающих экономический рост и социальное развитие Российской Федерации.

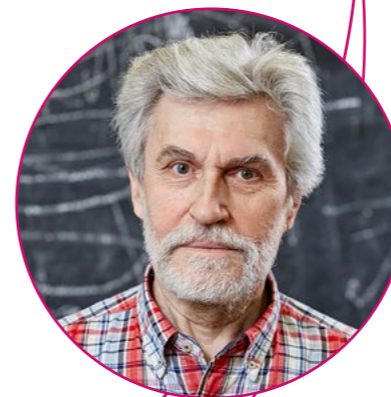




# ИН ТЕР ВЬЮ



## В ОБЛАСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ВАЖНО ВИДЕТЬ ОБЩУЮ КАРТИНУ



### ИГОРЬ МОХОВ

доктор физико-математических наук, академик РАН, научный руководитель Института физики атмосферы имени А. М. Обухова, заведующий кафедрой физики атмосферы физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, сопредседатель Научного совета РАН по проблемам климата Земли

**Климатические изменения и их влияние на деятельность человека — одна из ключевых проблем XXI века. В последние десятилетия на планете увеличилось количество экстремальных погодно-климатических явлений. Чтобы адекватно оценивать возникающие риски и на основе этих данных принимать взвешенные решения по развитию экономики, необходимо заниматься диагностикой климатических изменений и их моделированием. Группа ученых, возглавляемая Игорем Моховым, создала и развивает глобальную климатическую модель промежуточной сложности, которая позволяет установить роль антропогенного фактора в изменении климата. С разными версиями этой модели проводятся численные расчеты на тысячелетия для описания климатов прошлого и будущего.**

**Игорь Иванович, что такое климат с точки зрения физики атмосферы?**

Климатическая система состоит из пяти компонентов: атмосферы, океана, криосферы, деятельного слоя суши и биосферы. Их взаимодействие по-разному проявляется на различных пространственно-временных масштабах.

Слово «климат» происходит от греческого κλίμα, что означает «наклон». То есть еще в древности люди понимали, что климат зависит от наклона солнечных лучей относительно земной поверхности. Позже установили, что на климат влияют также континенты и океаны, состав атмосферы и так далее. К примеру, без атмосферы с водяным паром температура поверхности Земли была бы примерно на 30 °С ниже. Водяной пар — главный парниковый газ в атмосфере Земли.



Помимо этого, общая циркуляция атмосферы и климат Земли существенно зависят от скорости вращения планеты вокруг своей оси. Экстремальная жара в Москве в 2010 году как раз была связана с нарушением зональной циркуляции атмосферы в средних широтах.

**Можно ли сказать, что атмосфера определяющим образом влияет на климат?**

У каждого из пяти компонентов климатической системы своя роль. Важно уточнить, какие временные масштабы имеются в виду. Если говорить о совсем отдаленной перспективе, то Земля сгорит через несколько миллиардов лет из-за эволюции Солнца. Если говорить о коротких временных интервалах, то на них атмосфера очень изменчива по сравнению с инерционным океаном.

Важнейшие глобальные и региональные климатические особенности связаны

с взаимодействием атмосферы и океана. Показательный пример взаимодействия атмосферных и океанических процессов — рекордное наводнение на Амуре в 2013 году. Первопричиной стало формирование атмосферного блокирования над Тихим океаном с циклонической областью над бассейном Амура. Это привело к экстремальным осадкам. Существенно, что это происходило в муссонный сезон.

### ВАЖНЕЙШИЕ ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗАНЫ С ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА.

Свою роль сыграли и другие факторы: в частности, на западе Тихого океана стояла рекордно высокая температура, а в бассейне Амура в предыдущую зиму выпало много снега, и почва была насыщена влагой. Все это увеличило риск наводнения.

**Как строятся модели такой сложной системы, как климат Земли?**

Есть разные классы моделей, разной степени сложности: от простейших концептуальных до наиболее сложных моделей общей циркуляции атмосферы и океана с достаточно детальным описанием процессов в почве, криосфере и биосфере. Когда я в середине 1970-х стал заниматься климатом, то начинал с простейших климатических моделей, основанных на уравнении сохранения энергии. С использованием таких энергобалансовых моделей можно аналитически оценивать чувствительность и устойчивость земной системы к различным воздействиям. Кстати, первая энергобалансовая модель была

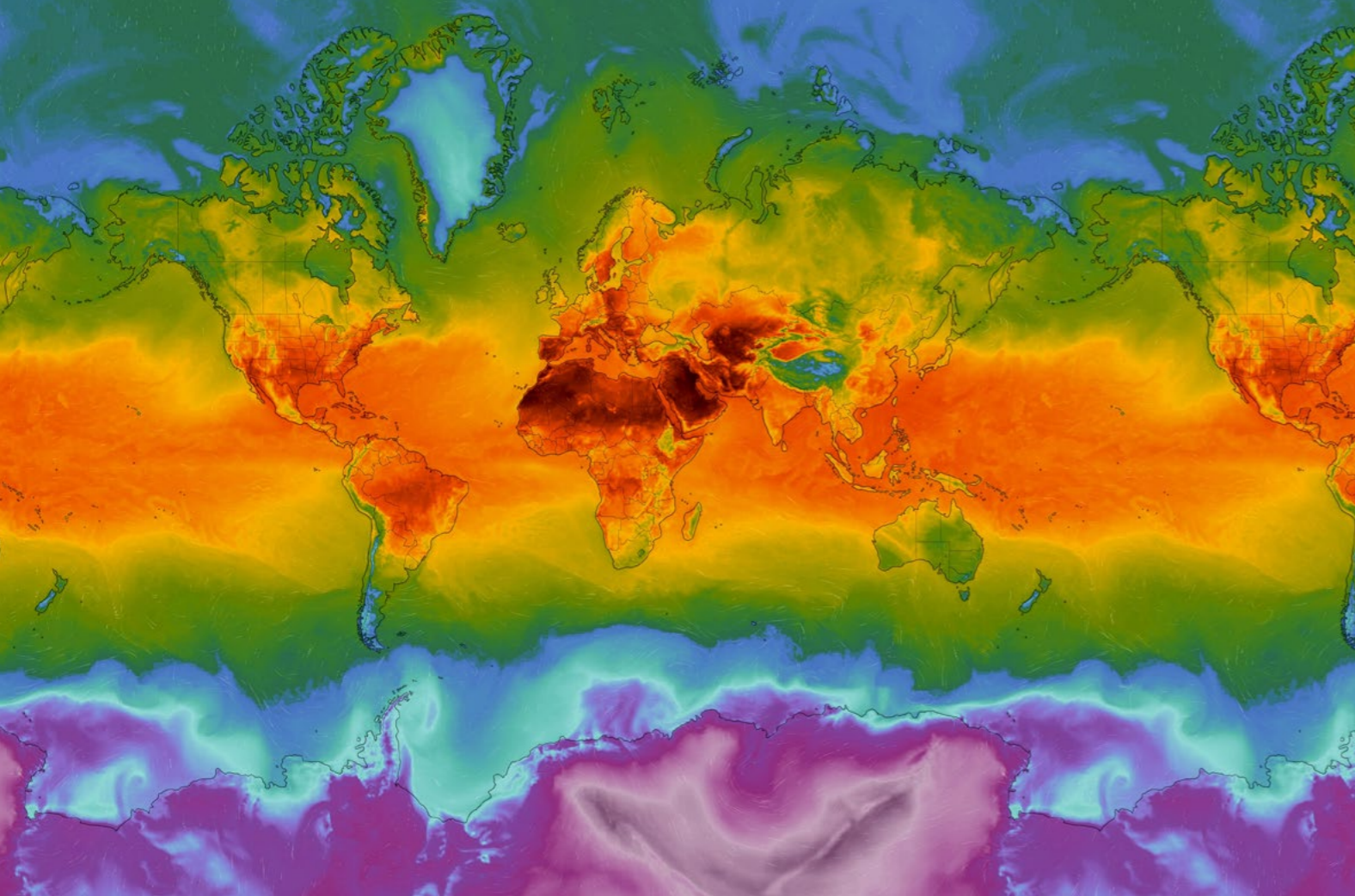
предложена в 1968 году российским ученым Михаилом Ивановичем Будыко.

Климатические модели общей циркуляции — наиболее сложные. В России к такому классу относится модель Института вычислительной математики. Она участвует в международных сравнениях и ансамблевых модельных оценках\* изменений климата, в том числе для докладов Межправительственной группы экспертов по изменению климата.

Глобальная климатическая модель Института физики атмосферы относится к моделям промежуточной сложности. Сейчас мы ее развиваем в том числе на кафедре физики атмосферы физфака МГУ.

\* Ансамблевые оценки включают данные нескольких различных климатических моделей.





### В чем особенность вашей модели?

Модель включает описание всех основных компонентов климатической системы, она достаточно детальная: ее широтно-долготное разрешение около 5°. При этом ряд используемых параметризаций позволяет проводить расчеты на порядки быстрее, чем более детальные модели общей циркуляции. Разные версии этой модели позволяют описывать климат прошлого и будущего на масштабах тысячелетий.

Мы первые в мире более полутора десятилетий назад сделали прогностические расчеты для XXI века с разными возможными и экстремальными сценариями солнечной и вулканической активности. Показали, что, несмотря на широчайший диапазон возможных изменений солнечной или вулканической активности,

при сценариях антропогенных воздействий, которые предполагаются в XXI веке, антропогенные факторы доминируют. Это важный результат.

Кроме того, мы просчитали последствия альтернативных способов борьбы с парниковым эффектом — так называемых некиотских методов. Еще в 1970-е Михаил Иванович Будыко предложил имитировать вулканическую активность: искусственно распылять в стратосфере аэрозоли, чтобы этот слой задерживал приток энергии от Солнца и охлаждал тем самым земной климат. Наши численные эксперименты показали, что если использовать этот подход, то корректировать климат придется постоянно, а в случае прекращения подобного геоинжиниринга последствия будут хуже, чем если ничего не предпринимать.

### С какой точностью в наши дни ученые могут прогнозировать климатические процессы?

Все зависит от того, о каких процессах идет речь. Если говорить про такое природное явление, как Эль-Ниньо\*, то его формирование может уже достаточно хорошо прогнозироваться. Например, согласно модельным расчетам, формирование Эль-Ниньо в этом году оценивалось за несколько месяцев с вероятностью около 90%. А с Эль-Ниньо связаны наибольшие колебания глобальной приповерхностной температуры, погодно-климатические аномалии не только в тропических широтах, но и в российских регионах, включая Арктику.

Когда я учился на Физтехе, к нам приходили студенты ВГИКа и показывали свои работы. Я запомнил мультфильм, который, если не ошибаюсь, назывался «Круг»: человек рождается, учится, работает, потом камера поднимается над поверхностью и оказывается, что он бежит по кругу. Так и в науке: нужно смотреть не только в одной плоскости или в одном направлении. А современная наука о климате — это синтетическая наука, комбинация физики, математики, химии, биологии, а в последнее время — еще и экономики и политики.

### Расскажите о вашей работе в рамках гранта РНФ. Каких результатов вам удалось достичь?

Это уже не первый наш совместный проект с Фондом. Ранее мы изучали вихревую активность в атмосфере, теперь исследуем климатически значимые процессы, причины изменений климата и возможные последствия. Это необходимо, чтобы оценить риски, связанные с глобальными и региональными изменениями климата, а также наряду с негативными последствиями оценить новые возможности для российских регионов.

В рамках проекта группа развивает несколько направлений. Это анализ и различных данных, в том числе спутниковых наблюдений и палеорекоконструкций, и модельных расчетов для современных изменений климата, а также климатов прошлого и будущего.

Мы получили количественные оценки роли различных природных и антропогенных факторов в температурных изменениях

## СОВРЕМЕННАЯ НАУКА О КЛИМАТЕ — ЭТО СИНТЕТИЧЕСКАЯ НАУКА, КОМБИНАЦИЯ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ, ХИМИИ, БИОЛОГИИ, А В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ ЕЩЕ И ЭКОНОМИКИ, И ПОЛИТИКИ.

Современные модели позволяют делать разумные оценки возможных климатических изменений и быть готовыми к последствиям. Предупрежден — значит вооружен. При этом нужны прогностические расчеты не только на ближайшие годы и десятилетия, но и на столетия и тысячелетия, с оценкой последствий. Даже если эти модельные оценки окажутся не совсем реалистичными. Нужно всесторонне просчитывать потенциальные опасности, проверять и тестировать их вероятность на следующих шагах. Хуже, если что-то критически важное упустить.

\* Эль-Ниньо — это природное явление, для которого характерно аномальное повышение температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана.



Игорь Мохов с директором Института физики атмосферы имени А. М. Обухова Сергеем Куличиковым

разных широт Северного и Южного полушарий на разных временных горизонтах. В том числе была оценена роль солнечной активности, парниковых газов, ключевых мод климатической изменчивости, включая явления Эль-Ниньо, Атлантическое мультидесятилетнее и Тихоокеанское десятилетнее колебания.

Согласно нашему анализу многолетних данных наблюдений, на временных интервалах в пределах двух-трех десятилетий естественная изменчивость может быть сопоставима с изменениями из-за антропогенных воздействий, а на временных горизонтах более полувека начинают доминировать антропогенные факторы. В разных широтах это проявляется по-разному.

В связи с необходимостью соответствовать условиям Парижского соглашения Рамочной конвенции ООН об изменении климата требуются разносторонние количественные оценки всех источников эмиссий в атмосферу парниковых газов и их стоков. На основе модельных расчетов мы оценили возможные изменения эмиссий, связанных с наземными экосистемами в российских регионах, на фоне различных сценариев антропогенных эмиссий в XXI веке.

**Ваша работа связана с исследованием изменения климата в российских регионах. Каковы особенности этого процесса на нашей территории?**

В России процессы потепления и похолодания идут существенно быстрее, чем

на Земле в целом. Это не случайно: в северных странах большую роль играет снежный покров. Из-за него сильно меняется альbedo поверхности\*, поэтому температурные эффекты в высоких широтах наиболее сильны. Важное направление в рамках нашего проекта — анализ изменений климата в арктических широтах.

**ОГРОМНЫЕ РАЗМЕРЫ РОССИИ — ПЛЮС, У НАС ОБЫЧНО В РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТЯХ СТРАНЫ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ РАЗНОГО ЗНАКА.**

две планетарные волны или волны Россби\*\*. Это означает, что в долготном направлении чередуются две циклонические и две антициклонические области с противоположными аномалиями давления, температуры и осадков. Например, летом 2010 года в условиях стационарирования волны Россби в европейской части России была рекордная жара. А вот на западе, в центре Европы, и на востоке, в Западной Сибири, лили дожди. В этом смысле огромные размеры России — плюс, у нас обычно в различных частях страны разные погодно-климатические аномалии.

**К чему нам следует готовиться, учитывая изменения климата?**

С точки зрения климата хорошо, что Россия большая, поскольку у нас не бывает только засухи или только наводнения, как, например, в европейских странах. В атмосфере над Россией могут почти уместиться в средних широтах

У России колоссальные возможности, каких нет ни у одной другой страны. Различные природные пояса — от субтропиков до арктических широт, разный климат — от морского до полупустынного. На любой вкус. Надо только правильно использовать эти возможности и менять нормы. Например, нужно пересмотреть строительные нормы для регионов с вечной мерзлотой, где уже сейчас «плывут» дома в городах, коммуникации и дороги.

Выступление на заседании Президиума РАН. Источник: Игорь Мохов



\* Альbedo — коэффициент отражения солнечной радиации.

\*\* Волны Россби — крупномасштабные волны в атмосфере, возникающие под действием вращения Земли.

Нужно учитывать и позитивные эффекты глобального потепления. Взять ту же Арктику: около 15 лет назад мы с использованием ансамблевых модельных расчетов показали, что к концу XXI века Северный морской путь из Западной Европы в Юго-Восточную Азию может стать экономически более эффективным, чем путь через Суэцкий канал даже в зимние месяцы.

В среднем зимы становятся более теплыми, но при этом не исключаются морозы. А летом при потеплении возрастает нагрузка на энергосистему из-за работы кондиционеров, рефрижераторов, охлаждающих установок. В весенне-летние месяцы отмечается вековая тенденция уменьшения количества осадков при потеплении в среднеширотных российских регионах, что проявляется, например, в уменьшении стока реки Дон.

**Выстроен ли у изучающих климат ученых диалог с экспертами из других сфер?**

Да, мы обсуждаем эти вопросы на разных уровнях, в том числе в Научном совете РАН по проблемам климата Земли, члены которого являются экспертами в разных областях. Координация способствует более адекватному учету разных взаимосвязанных процессов и тенденций. На октябрь 2023 года запланирована российская конференция с международным участием «Климатические изменения: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования». Ее организуют Научный совет РАН по проблемам климата Земли, Отделение наук о Земле РАН и Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН.

Цель конференции — представить результаты и способствовать диалогу (можно сказать, полилогу) по широкому спектру климатических исследований и разнонаправленных исследований проблем в связанных с изменениями климата областях.

**В ОБЛАСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ВАЖНО ВИДЕТЬ ОБЩУЮ КАРТИНУ — НЕ ТОЛЬКО ЗОНУ СВОЕЙ ФОРМАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ, ЧТОБЫ ПРАВИЛЬНО ОРГАНИЗОВЫВАТЬ КОМАНДНУЮ ИГРУ.**

В футболе есть так называемые плеймейкеры, которые видят все поле и определяют своими пасами эффективность игры. Так и в области климатических проблем: важно видеть общую картину — не только зону своей формальной ответственности, чтобы правильно организовывать командную игру.

Я вхожу в Межведомственную рабочую группу при Администрации Президента России по вопросам, связанным с изменением климата и обеспечением устойчивого развития, под руководством Руслана Эдельгериева. Когда обсуждался национальный план адаптации к неблагоприятным изменениям климата, я предложил убрать из названия только одно слово — «неблагоприятным». Это исключительно важно, поскольку надо готовиться и к позитивным изменениям. При потеплении открываются новые перспективы Северного морского пути — к этому надо готовиться. Зимы становятся более теплыми? К ним тоже нужно быть готовыми.



Команда проекта среди участников российско-китайской научной конференции. Источник: Игорь Мохов

Даже в сложных экономических и политических условиях проблемами изменений климата надо активно заниматься.

Но мы должны мыслить и стратегически, думать о следующих поколениях.

**Что вам дает поддержка РФФ?**

Возможность подключить к исследованиям ведущих сотрудников, младших научных сотрудников, аспирантов и студентов. Мы вместе обсуждаем выбор и решение актуальных задач — и сиюминутных, и долгосрочных. Благодаря работе в команде молодежь быстро включается и получает необходимый опыт, чтобы генерировать новые задачи и решения. К сожалению, в последние годы в нашей стране не поддерживаются ведущие научные школы, если руководители старше 50 лет. Преемственность поколений очень важна в науке, да и не только в науке.

**У РОССИИ ЕСТЬ ВСЕ ВОЗМОЖНОСТИ, ЧТОБЫ БЫТЬ МИРОВЫМ ЛИДЕРОМ В ОБЛАСТИ РЕШЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ.**

Важно стратегически оценивать возможные перспективы и новые риски — не только на ближайшие годы, — правильно расставлять акценты и предпринимать своевременные шаги. У России есть все возможности, чтобы быть мировым лидером в области решения климатических проблем. Конечно, сиюминутные экологические вопросы могут быть более важными, и их нужно своевременно решать.



**ЕСЛИ БЫ  
НЕ МОЛОДЕЖНЫЕ  
ГРАНТЫ РФ,  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
БЫЛО БЫ МЕНЬШЕ**



**АЛЕКСАНДР КУСТОВ**

кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии МГУ имени М. В. Ломоносова, сотрудник лаборатории экологической химии, научный сотрудник Института органической химии имени Н. Д. Зелинского РАН («Лаборатория разработки и исследования полифункциональных катализаторов») и НИТУ МИСиС («Лаборатория нанохимии и экологии»)

**В наши дни существует несколько основных подходов к борьбе с выбросами углекислого газа. Один из них — превращение  $\text{CO}_2$  в ценные продукты, такие как метанол и углеводороды. Как правило, для этого используются катализаторы на основе дорогостоящих драгоценных металлов, однако Александр Кустов и его научная группа предлагают более экономичный подход. Исследователи вот уже три года успешно разрабатывают каталитические системы, содержащие железо, цинк и медь. Совместно с ПАО «Татнефть» они получили и запатентовали новые катализаторы, которые позволят сделать переработку углекислого газа более эффективной.**

**В**опрос накопления в атмосфере парниковых газов из года в год звучит все острее. Какие пути решения этой проблемы предлагает наука в России?

Есть четыре основных вида парниковых газов, которые наносят колоссальный вред атмосфере. Это углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), самый крупнотоннажный из всех по масштабам выбросов, и оксид азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), который имеет в 300 раз больший парниковый эффект, чем углекислый газ, однако его выбросы в атмосферу значительно

меньше. Помимо этого, опасен метан ( $\text{CH}_4$ ) и различные фреоны. В мире с ними пытаются бороться по очереди — берутся то за один газ, то за другой. Но в последнее время как в науке, так и в промышленности возник тренд на утилизацию  $\text{CO}_2$ . На это направлен ряд мировых соглашений — о сокращении выбросов, об углеродной нейтральности, увеличении штрафов. Кроме того, углекислый газ интересен тем, что его можно использовать как дешевый и возобновляемый источник углерода.



▲  
к. х. н. Александр Кустов,  
лауреат премии Правительства  
Москвы за 2022 год в номинации  
«Энергоэффективность  
и энергосбережение»

Основная стратегия борьбы с углекислым газом заключается в сокращении выбросов. Она подразумевает более экологичные процессы и совершенствование технологий. Вторая стратегия — это природный механизм, озеленение территорий, сокращение вырубок лесов. На мой взгляд, первые два способа борьбы с парниковыми газами самые эффективные.

Третий способ предполагает улавливание  $\text{CO}_2$  с помощью адсорбента и последующее захоронение в нефтяных скважинах. Это интересно, поскольку позволяет утилизировать большое количество углекислого газа, но вопрос в том, что с ним будет потом. Важно также, что процесс затратен с экономической точки зрения.

Четвертое направление, которым как раз занимается моя научная группа, — вовлечение  $\text{CO}_2$  в различные химические реакции с целью получения продуктов с добавленной стоимостью, например метанола, легких олефинов, диметилового эфира, углеводов различного строения.

Здесь  $\text{CO}_2$  можно рассматривать как дешевый и возобновляемый источник углерода для синтеза различных молекул. Для Европы не менее актуально получение легких углеводов из  $\text{CO}_2$ , например метана и других алканов, — эти газы там значительно дороже, чем в России. Но для их выработки требуется большее количество водорода, что увеличивает стоимость процесса.

**Расскажите подробнее, чем занимается ваша исследовательская группа.**

Наша ключевая задача — разработка эффективных каталитических систем для конверсии  $\text{CO}_2$  в такие ценные продукты, как метанол и легкие олефины. Преимущество процесса состоит в том, что синтез метанола и синтез олефинов из диоксида углерода идут параллельно, однако в зависимости от параметров реакции — температуры и давления, а также используемого активного металла, выход целевых продуктов будет изменяться.

Наша лаборатория — полного цикла, то есть мы занимаемся процессом от начала до конца. Изучая современную научную литературу, мы понимаем, куда двигаться, что развивать, находим слабые или еще неисследованные области и активно работаем в этих направлениях.

Процесс всегда начинается с разработки новых катализаторов, для получения которых мы применяем как традиционные методики синтеза, например пропитку

близкими к технологическим, и комплексно характеризуем их.

Отличная приборная база в трех институтах и доступ к центрам коллективного пользования позволяют нам проводить глубокие физико-химические исследования.

После мы сравниваем наши каталитические системы с промышленными катализаторами, а также анализируем результаты, опубликованные другими научными группами. Все это в совокупности позволяет нам уверенно двигаться вперед и проводить исследования на мировом уровне.

Изначально катализ — область, где нельзя все предсказать. В некоторых областях науки можно выполнить теоретические расчеты и получить представление о результате. В катализе же всегда много факторов, которые очень сложно предугадать, — синергизм металлов, влияние поверхности носителей, размера частиц и так далее. Даже небольшие добавки могут сильно менять свойства вещества. Например, калий, который мы добавляем в «гомеопатических» дозах — 0,1%, а то и меньше — сразу приводит к росту активности катализатора на 20–30%. При этом меняется и селективность по целевым продуктам.

Так, в проекте по гранту РНФ одним из главных результатов наших исследований стала разработка нового катализатора для переработки  $\text{CO}_2$ , который в полтора раза превосходит по активности импортные аналоги — классические катализаторы синтеза метанола по процессу Фишера-Тропша\* из угарного газа.

### НАША КЛЮЧЕВАЯ ЗАДАЧА — РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ КОНВЕРСИИ $\text{CO}_2$ В ТАКИЕ ЦЕННЫЕ ПРОДУКТЫ, КАК МЕТАНОЛ И ЛЕГКИЕ ОЛЕФИНЫ.

и соосаждение, так и более сложные методы синтеза катализаторов, включая темплатные методы, СВЧ-синтез и ряд других. Затем мы испытываем полученные катализаторы на проточной каталитической установке с заданными параметрами,

\* Процессом Фишера — Тропша называют получение различных углеводов из смеси угарного газа  $\text{CO}$  и водорода.



**А что все-таки перспективнее — метанол или олефины?**

На мой взгляд, метанол — более интересный продукт. Во-первых, он используется в качестве растворителей, добавок к топливу, а также при добыче и транспортировке природного газа. Это большой рынок сбыта. Во-вторых, метанол служит молекулой-платформой для получения продуктов тонкой химии, например для производства диметилового эфира, лекарственных препаратов, тех же олефинов и так далее. Кроме того, преимущество метанола в том, что он жидкий

и легко транспортируется. Метан или легкие олефины, которые мы также получаем из  $\text{CO}_2$  — газообразные, поэтому перевозить их сложнее.

Также стоит отметить, что гидрирование  $\text{CO}_2$  в метанол — это низкотемпературный процесс, который осуществляется при 230–260°C. При этом требуется не критически высокое давление водорода, всего 40–50 атмосфер.

Главное преимущество нашей технологии заключается в том, что мы не используем дорогостоящие благородные металлы.



▲ Проточная каталитическая установка конверсии  $\text{CO}_2$  (оснащение комнаты произведено на средства гранта РФФ)

Основу составляют доступные активные компоненты, такие как медь, цинк и алюминий, что делает наш подход экономически оправданным.

**Какое положение занимает Россия в сфере переработки  $\text{CO}_2$  в ценные продукты на общемировом уровне?**

В России эта тема относительно новая и активно развивается в последнее десятилетие. Наши исследования не остаются без внимания, результаты охотно публикуют крупные международные издания. Я бы сказал, что мы идем в ногу со временем.

**НАШИ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕ ОСТАЮТСЯ БЕЗ ВНИМАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОХОТНО ПУБЛИКУЮТ КРУПНЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ ИЗДАНИЯ.**

**Вы работаете по гранту Фонда уже три года. Каких результатов удалось добиться?**

За это время наша научная группа провела колоссальную работу. Мы начали с того, что выполнили большой скрининг различных каталитических систем — до сих пор еще не все результаты опубликованы. Мы изучили различные носители для катализаторов, исследовали все возможные добавки щелочных, и в первую очередь калия, а также щелочноземельных металлов. Иногда приходится изобретать велосипед, однако без этого невозможно сделать что-то идеальное: есть риск пропустить нечто простое, что могло бы дать хороший эффект.

Кроме того, мы получили оптимизированные каталитические системы для гидрирования углекислого газа в метанол на основе медь-цинк-алюминия,

модифицированного калием. Их производительность составляет более 0,7 грамма метанола на грамм катализатора в час — это очень хороший результат.

В промышленных процессах производительность катализатора составляет 0,2–0,3 грамма продукта на грамм катализатора в час, то есть мы увеличили этот показатель в два с половиной раза.

Конечно, при переходе к промышленным процессам есть вероятность снижения эффективности из-за технологических особенностей, однако будем надеяться, что она упадет не сильно. Также мы продвинулись в синтезе олефинов: разработали эффективные каталитические системы на основе железа — дешевого и доступного металла.

**Какие перспективы своих технологий вы видите? Действительно ли получится с их помощью значимо повлиять на уровень выбросов углекислого газа?**

Моя позиция такова: задачу сокращения выбросов CO<sub>2</sub> надо решать комплексно. Необходимо активно озеленять территории, делать существующие технологические процессы более экологичными, совершенствовать подходы к захоронению углекислого газа. Но технологии, которые мы развиваем, также весьма перспективны. На заводах или теплоэлектростанциях, где велики выбросы углекислого газа с высокой концентрацией, можно поставить систему его улавливания и переработки. Кроме того, запасы нефтяных ресурсов истощаются, и уже через полвека это может сказаться на экономике. А значит, люди будут искать альтернативные варианты получения нефтепродуктов, и здесь как раз могут пригодиться

подобные технологии и наши научные разработки.

**Наблюдаете ли вы, в целом, интерес со стороны бизнеса?**

Да. Последний год мы активно работали с бизнесом в рамках контракта по декарбонизации между Институтом органической химии РАН, Институтом нефтехимического синтеза и ПАО «Татнефть», и этот проект потенциально может иметь продолжение в виде пилотных испытаний. Первый год нашего сотрудничества был успешным: мы получили и запатентовали совместно с «Татнефтью» новые катализаторы — и все благодаря знаниям, полученным на этапе выполнения гранта РНФ. Но следует понимать, что промышленности важны не только экологические задачи, но еще и прибыль. Необходим баланс. Надо найти некую золотую середину, которая устроит все стороны.

**МЫ ПОЛУЧИЛИ И ЗАПАТЕНТОВАЛИ СОВМЕСТНО С «ТАТНЕФТЬЮ» НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ — И ВСЕ БЛАГОДАРЯ ЗНАНИЯМ, ПОЛУЧЕННЫМ НА ЭТАПЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАНТА РНФ.**

Здесь все зависит от цен на водород и электроэнергию. Это сложный механизм. На первом этапе рассчитываются только входные параметры — стоимость катализатора и его производительность. А дальше следует большой экономический процесс, который необходимо настраивать.

Если сфокусироваться на прибыли — будет слабый экологический эффект, если на экологии — это скажется на прибыли.



▲ Анастасия Шестеркина — к. х. н., научный сотрудник Химического факультета МГУ, лауреат премии Правительства Москвы за 2022 год в номинации «Энергоэффективность и энергосбережение»

**Определяющим фактором тут является источник водорода.** **Как вы оцениваете поддержку РНФ?**

Если мы получим его «зеленым» способом, то есть с помощью электролиза, тогда экономической выгоды практически не будет, а в некоторых случаях компания может даже остаться в убытке. Зато процесс будет полностью экологичным и углеродно-нейтральным. Либо мы можем получить водород

путем дегидрирования — риформинга. Такие промышленные процессы уже существуют. Например, дегидрирование различных алканов в олефины или же процессы ароматизации бутана. В этом случае производство окупится очень быстро — ориентировочно за 7–8 лет, но для экологии пользы окажется мало. Поэтому важно понимать, как настроить эту систему.

**НАША ЛАБОРАТОРИЯ ОСНАЩЕНА, В ОСНОВНОМ, ЗА СЧЕТ ГРАНТА ФОНДА.**

Наша лаборатория оснащена, в основном, за счет гранта Фонда. Три года назад мы получили абсолютно пустую комнату, а теперь в ней находится все необходимое оборудование для синтеза и исследования. Благодаря поддержке РНФ мы имеем возможность готовить молодые кадры. В настоящий момент в моей научной группе ведут исследования пять аспирантов и большое число студентов-дипломников. Если бы не молодежные гранты РНФ, их было бы в 3–4 раза меньше.

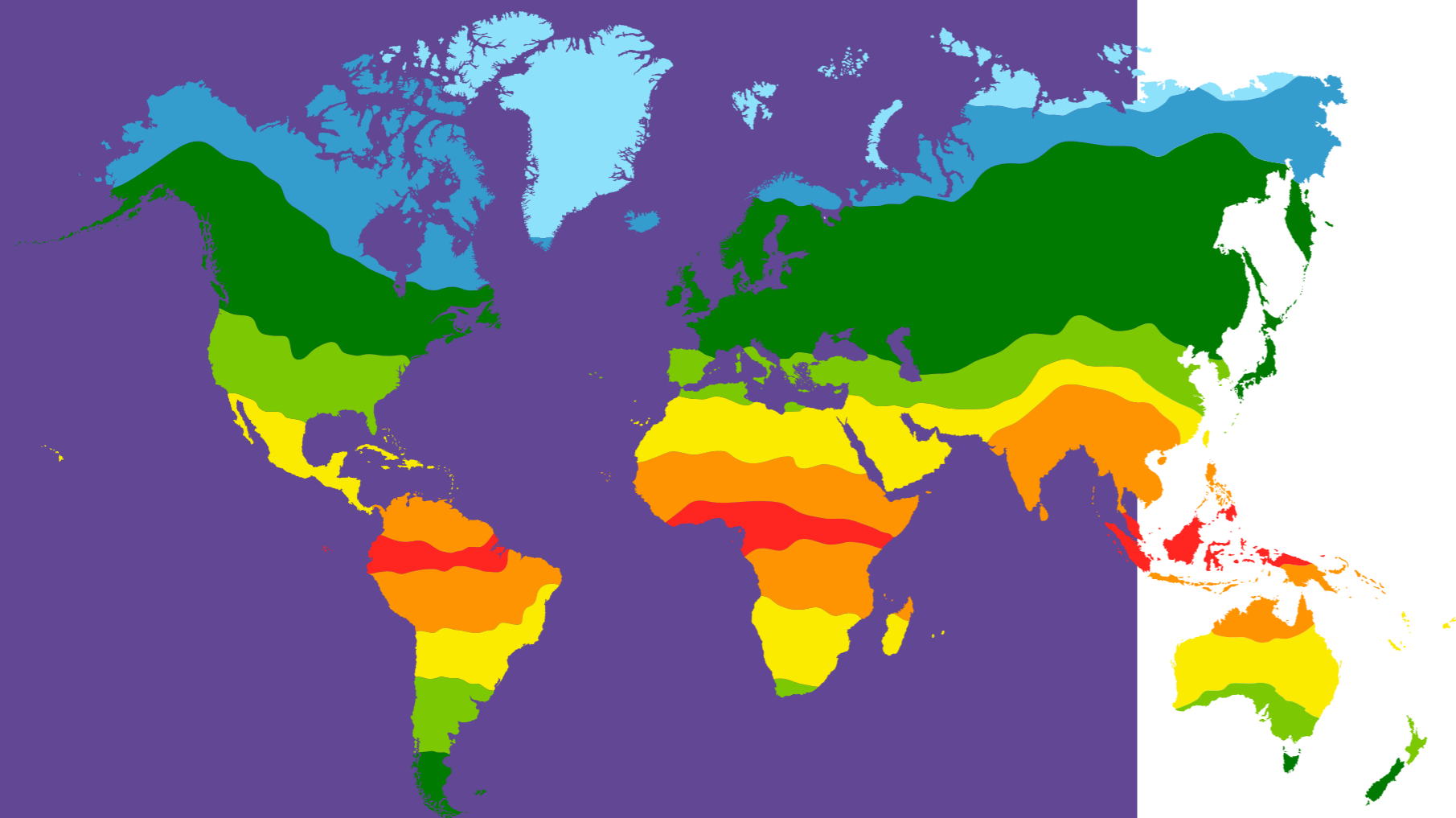
Ни для кого не секрет, что молодежь заинтересована в прорывных направлениях, где есть интересные темы, современное оборудование и хорошие условия труда. Некоторые студенты и аспиранты проводят в лабораториях целый день, что должно достойно оплачиваться. Без грантов обеспечить это было бы почти невозможно.



# СПЕЦ ПРО ЕКТ

# НАУКА НА ОСТРИЕ ПЕРЕМЕН

Продолжаем цикл публикаций о передовых исследованиях российских ученых, приуроченный к Десятилетию науки и технологий. Вторая часть спецпроекта посвящена важной научной теме, которая без преувеличения затрагивает жизнь каждого человека: климатические изменения — их причины и последствия. Поговорим о том, какие решения по спасению Земли от климатической катастрофы предлагают российские ученые.



## БОРЬБА С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Изменение климата сегодня затронуло каждый уголок земного шара. Засухи и волны жары случаются все чаще, катастрофические наводнения и ураганы становятся нормой, а площадь арктического льда сокращается год за годом. Наблюдаемые процессы — это сигнал тревоги для человечества. Под угрозой оказываются экосистемы, продовольственные и водные ресурсы, а также здоровье населения.

Одна из причин изменения климата — накопление в атмосфере парниковых газов и других климатически активных веществ. Скорость их выбросов в результате деятельности человека превышает возможности лесов на Земле. Чтобы справиться с кризисом, специалисты разрабатывают новые технологии и комплексы ограничительных мер. В нашем материале вместе с грантополучателями Фонда мы рассмотрели существующие подходы к решению проблемы изменения климата и накопления парниковых газов, а также обсудили их ограничения и перспективы.



## КЛИМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Прогноз погоды и оценка будущих изменений климата — это фундамент, на котором строится работа других направлений исследований вопроса. Без регулярных и всесторонних оценок климатических процессов, изменений погоды, влияния атмосферы на биосферу и человека сложно говорить про углеродную нейтральность, рассматривать конкретные технологические решения и строить планы на будущее. Математики, географы и биологи с помощью систем спутникового мониторинга, наземных станций по улавливанию парниковых газов, аэрозолей и сажи, а также суперкомпьютеров стремятся построить климатические модели, которые дадут более точные оценки.



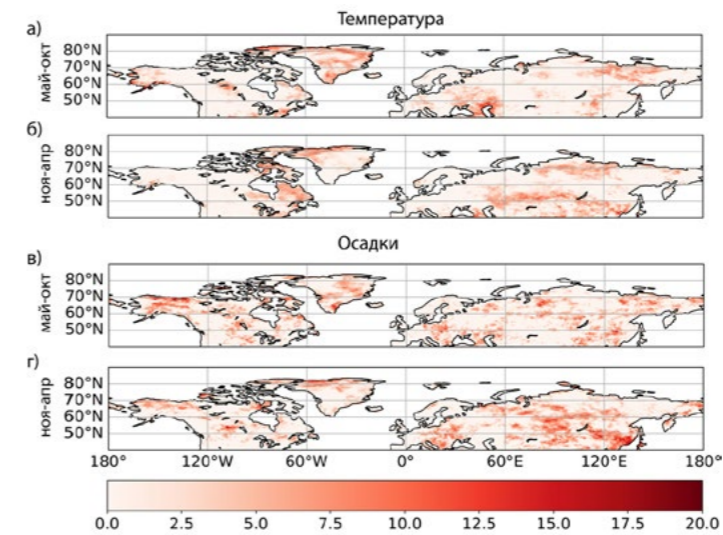
### АЛЕКСАНДР ОЛЬЧЕВ

доктор биологических наук, кандидат географических наук, профессор МГУ имени М. В. Ломоносова, член экспертного совета при Министерстве науки и высшего образования РФ по вопросам научного обеспечения развития технологий контроля углеродного баланса



### Открытый доступ к данным даст больше полезной для развития страны информации

Современные изменения климата проявляются не только в росте глобальной температуры воздуха, но и в усилении интенсивности и повторяемости экстремальных погодных явлений: волн жары и холода, слишком интенсивных осадков или засухи, катастрофических наводнений и других событий. Эти явления негативно влияют как на жизнь и здоровье людей, так и на природу.



▲ Изменение частоты возникновения экстремальных температур и осадков (в %) в период с 2001 по 2021 год по сравнению с предшествующим периодом (с 1980 по 2000 год) для теплой (май — октябрь) и холодной (ноябрь — апрель) половины года. Изображение предоставлено авторами исследования

Чтобы приостановить этот процесс, большинство экспертов по климату предлагают стабилизировать объем антропогенных выбросов парниковых газов и по возможности использовать потенциал природных экосистем к их поглощению. Для решения этой задачи очень важно понимать, как экосистемы реагируют на экстремальные погодные явления в полярных, умеренных и тропических широтах и какое обратное влияние они оказывают на климат. Для мониторинга такого отклика мы используем данные глобальной сети метеорологических наблюдений, а также прямые измерения потоков парниковых газов на станциях глобальной сети наблюдений FLUXNET.

Эти данные говорят о потенциале природных экосистем в регулировании баланса парниковых газов в атмосфере, а также являются индикаторами их состояния и уязвимости к внешним воздействиям. Аномально жаркая или холодная погода, экстремально сильные осадки или их отсутствие обязательно отразятся на динамике этих потоков.

### МЫ ОЖИДАЕМ, ЧТО РЕЗУЛЬТАТЫ НАШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЗВОЛЯТ ПОЛУЧИТЬ КОМПЛЕКСНЫЕ ЗНАНИЯ ОБ ОТКЛИКЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЗНЫХ РЕГИОНАХ НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.

Проводить мониторинг нам помогают около 20–30 станций в тропических широтах и около 45–50 станций в умеренных широтах в лесных экосистемах, где быстро меняется повторяемость аномальных явлений погоды. Мы ожидаем, что результаты наших исследований позволят получить комплексные знания об отклике лесных экосистем в разных регионах на внешние воздействия.

Сегодня в России реализуются инновационные проекты по созданию системы долговременного мониторинга содержания климатически активных веществ и их потоков в атмосфере. К их числу относится и научная программа по карбоновым полигонам, в которой наш коллектив принимает активное участие. Хочется, чтобы благодаря этим проектам в России появилась единая система наземного мониторинга потоков парниковых газов и климатических веществ с открытым для исследователей доступом к экспериментальным данным.



**ЕВГЕНИЙ ВОЛОДИН**

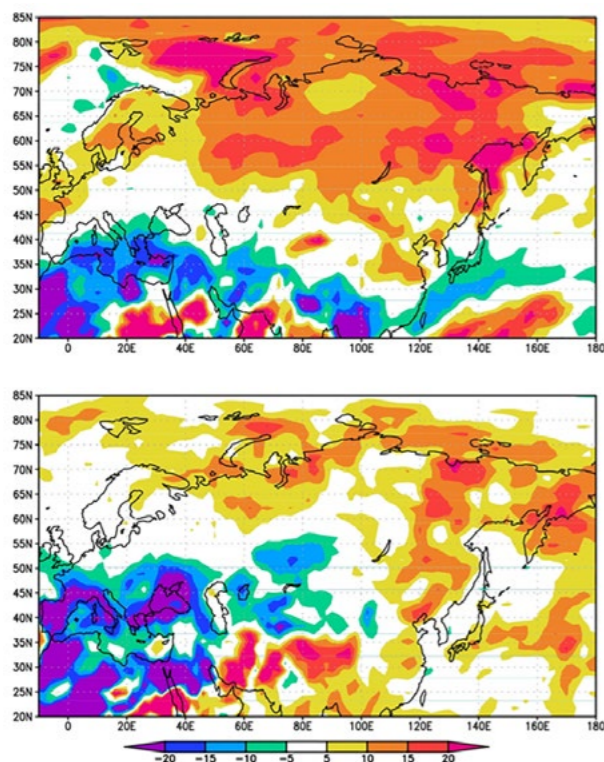
доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института вычислительной математики имени Г. И. Марчука РАН



**Мы создали самую масштабную в России модель климата**

Мы создали модель глобальной климатической системы INMCM5, которая входит в международный проект сравнения объединенных моделей CMIP6. Его результатами пользуется МГЭИК — Межправительственная группа экспертов по изменению климата. Сейчас наша модель считается самой масштабной в России и учитывает состояние атмосферы, океана, растительности, снежного покрова и почв. Мы можем оценить вероятность влияния на них углекислого газа и различных аэрозолей, определить способность растений поглощать CO<sub>2</sub> и рассчитать другие показатели в перспективе от года до десятилетий.

Прогноз изменения количества осадков (в %) в 2031–2050 гг. по сравнению с 2001–2020 гг. для зимы (наверху) и для лета (внизу). Изображение предоставлено авторами исследования



Мы провели численные эксперименты по моделированию изменений климата в XIX–XX веках и возможных будущих изменений при разных сценариях развития событий, отдельно посмотрели на поведение климата в Арктике. Например, наша группа

показала, что при наиболее теплом сценарии к концу XXI века Арктика летом может полностью освободиться ото льда. При этом на увеличивающийся эффект глобального потепления будут накладываться значительные естественные колебания климата.

Нашу модель применяют как за рубежом, так и в России. С ее помощью и на основе двух других крупных краткосрочных и долгосрочных моделей Росгидромет-центр ежемесячно создает сезонный прогноз погоды. Сейчас Министерство экономического развития заинтересовано в использовании модели для своих задач.

Мы проводим вычисления с помощью суперкомпьютеров нашего института и Росгидромета, но надо отметить, что отсутствие достаточного количества компьютерных мощностей — это ключевой ограничивающий фактор в работе. Суперкомпьютеров мало, Центры коллективного пользования перегружены, поэтому для стимуляции развития отрасли требуется дополнительное оборудование.



**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ**

Для перехода к более устойчивой углеродоемкой экономике необходимо не только развивать технологии и вводить ограничительные меры, но и понимать, как различные сценарии отразятся на обществе. Для этого ученые разрабатывают сложные экономические модели. Они помогают определить наиболее эффективные подходы к снижению выбросов, спрогнозировать экономические и социальные последствия, а также выбрать наиболее продуманные планы адаптации к уже происходящим климатическим изменениям.



**БОРИС ПОРФИРЬЕВ**

академик РАН, доктор экономических наук, научный руководитель Института народнохозяйственного прогнозирования РАН



**Растет заинтересованность властей к проблеме адаптации к климатическим изменениям**

Значимость проблемы изменения климата не нуждается в дополнительном обосновании. Существенным вкладом России в решение этого вопроса призван стать Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) по созданию Единой государственной системы мониторинга климатически активных веществ, утвержденный осенью 2022 года.

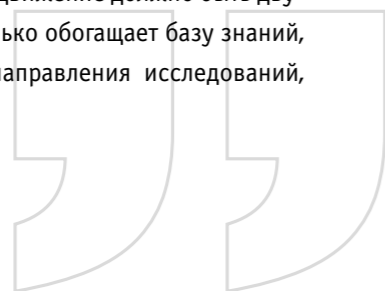
Его реализуют шесть научных консорциумов: пять естественно-научных и один экономический. Консорциумы объединяют более 50 научных организаций, включая институты РАН и Росгидромета, а также ведущие вузы страны.

Естественно-научные консорциумы разрабатывают глобальную модель земной системы, занимаются мониторингом Мирового океана и климатическим мониторингом России, ведут учет поглощения парниковых газов в экосистемах и модернизируют национальные кадастры парниковых газов. Экономический консорциум интегрирует полученные данные в систему экономических модельных расчетов и сценариев.

Также в рамках проекта специалисты рассматривают вопросы адаптации экономики и населения к климатическим изменениям, включая подготовку отраслевых и региональных планов адаптации. Они уже приняты десятью федеральными органами исполнительной власти и 58-ю субъектами России. К настоящему моменту завершены анализ и оценка этих планов, сформированы рекомендации по их актуализации и совершенствованию. Позитивная сторона дела заключается в том, что растет заинтересованность федеральных и региональных органов исполнительной власти к проблеме адаптации к климатическим изменениям. Но, конечно, вопросы качества планирования остаются более чем актуальными. Хотя есть и примеры того, что можно назвать лучшими практиками — это, в первую очередь, план адаптации к климатическим изменениям города Москвы.

Ученые и специалисты, реализующие ВИП ГЗ, стремятся донести полученные данные и результаты до заинтересованных лиц: тех, кто принимает решения на федеральном и региональном уровнях, бизнесу, широкой общественности и СМИ. При этом движение должно быть двусторонним. Обратная связь не только обогащает базу знаний, но и помогает корректировать направления исследований, выбирая верный курс.

**РАСТЕТ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТЬ  
ФЕДЕРАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ  
ВЛАСТИ К ПРОБЛЕМЕ АДАПТАЦИИ  
К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ.**



**АЛИНА ЧЕРЕПОВИЦЫНА**

кандидат экономических наук, руководитель лабораторией управления устойчивым развитием промышленных и природных систем ИЭП КНЦ РАН



**Мы надеемся развеять мифы  
о декарбонизации**



Мы проводим исследования, посвященные различным аспектам декарбонизации нефтегазового комплекса, поскольку именно на него оказывается самое большое давление с точки зрения климатической политики. Несмотря на то, что проблема вклада нефтегазовой промышленности в изменение климата представляется как безапелляционная, есть много открытых вопросов. Во-первых, это до сих пор остается лишь гипотезой, а во-вторых, мы не можем говорить только о нефтегазовой отрасли, поскольку большая часть эмиссии связана с использованием углеводородного топлива в других отраслях, и это нужно учитывать.

Вопросы снижения выбросов должны охватывать все промышленные, и не только, сектора. Вместе с тем мы смотрим на проблему достаточно приземленно. Повсеместное и одновременное внедрение возобновляемых источников энергии сегодня невозможно, поскольку это требует перестройки большей части энергетической системы. Многие отрасли все равно будут зависеть от нефти и газа. Поэтому декарбонизация должна быть планомерной и целесообразной.

**ТОЧЕЧНОЕ РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОГУТ БЫТЬ БОЛЕЕ РЕЗУЛЬТАТИВНЫ, ЧЕМ ТО, ЧТО ПОДРАЗУМЕВАЕТСЯ ПОД ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПЕРЕХОДОМ.**

Более того, возобновляемые источники энергии не настолько чистые, как может показаться на первый взгляд. Мы планируем построить модели, которые покажут, что переход на зеленые источники энергии влечет за собой новые вызовы: например, значительно увеличится

спрос на редкоземельные элементы, и потребуется увеличить производство металла. Все это, по нашим предварительным оценкам, оставляет едва ли не больший углеродный след, чем нефтегазовые продукты. Поэтому точечное развитие возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности, становление технологий захвата, захоронения и использования углекислого газа могут быть даже более результативны, чем то, что подразумевается под энергетическим переходом.

В кризисные времена бизнесу сложно думать об экологии и климате, поскольку его волнует экономическая устойчивость. Однако в перспективе компаниям будут интересны накопленные нами знания, потому что все равно они пройдут путь декарбонизации. Свернуть с него не получится, но можно двигаться разумно, опираясь на научно-обоснованные подходы и исходя из специфики нашей страны.



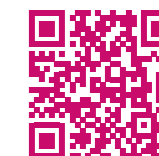
## СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Для адекватной оценки антропогенного влияния и его последствий необходимо достоверно знать и понимать природную составляющую климатической изменчивости. Это требует как постоянного развития географии наблюдений и увеличения количества измеряемых параметров, так и совершенствования высокодетальных математических моделей климатических систем.



**МИХАИЛ БОГАЧЕВ**

доктор технических наук, главный научный сотрудник НОЦ ЦТТ, профессор кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ»



### Важно понимать, от чего зависит жизнеспособность экосистем



На сегодняшний день реальность происходящих климатических изменений практически очевидна, вопрос лишь в их скорости и пределах. Как следствие, исследования в значительной мере смещаются в сторону адаптации к изменениям климата.







◀ Последствия нарушений в лесной экосистеме под воздействием комбинированного биогеохимического и климатического стресса. Источник: Михаил Богачев

Чтобы сохранить экосистемы, важно понимать, от чего зависит их жизнеспособность и благополучие, поэтому мы разрабатываем методы комплексного мониторинга лесов в условиях комбинированного стресса.

Нас интересуют экосистемы, расположенные вблизи линии единичного увлажнения. Лес, который находится севернее этой линии, — это фактически сплошной массив, а южнее он представлен лишь отдельными островками, поскольку для хвойных лесов влаги недостаточно. Это позволяет нам наглядно представить картину будущего: постепенную утрату лесов вблизи южной границы таежной зоны и дальнейшее усиление климатических изменений в регионе.

Почти как Шерлок Холмс, который восстанавливал события по уликам, мы реконструируем динамику долговременных изменений в экосистемах под влиянием различных факторов, опираясь на неполные данные, примеры прошлого и аналогии.

Один из интересных результатов исследования касается лесов, произрастающих на болотах. Долгое время болота активно осушали, поскольку деревья на таких участках растут быстрее. Но теперь мы выяснили следующее: анализ годичных колец деревьев указывает на несколько скачков радиального прироста деревьев, совпадающих с климатическими аномалиями — продолжительными засухами или экстремальными морозами. Как раз на болотистых участках подобных аномалий нет из-за более устойчивого режима влажности. Таким образом, проводя регулярный мониторинг и осуществляя коррекцию локальных гидрологических режимов, можно добиться лучшей адаптивности лесов к температурным аномалиям и засухам.



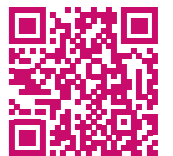
▲ Выполнение дистанционного мониторинга лесного фонда с использованием аэрофотосъемочного комплекса «Геоскан 401 Геодезия». Источник: Михаил Богачев

Фундаментальные исследования — это все же прерогатива государства. Другое дело — прикладные исследования, связанные с экологической экспертизой конкретных территорий или оценкой потенциального влияния на экосистемы проектов в области добычи сырья, промышленной или сельскохозяйственной деятельности. Здесь у бизнеса возникает интерес, а нашу роль мы видим в том, чтобы предоставить необходимые инструменты.



### СЕРГЕЙ ГУЛЕВ

член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, руководитель лаборатории взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга климатических изменений Института океанологии имени П. П. Ширшова РАН



### Без изучения изменчивости океана нельзя корректно оценить вклад других факторов в изменение климата

” Для предсказания климата важно понимание долгопериодных изменений состояния океана и океанской циркуляции. Один из главных механизмов, управляющих собственной изменчивостью океана, — это взаимодействие вод Атлантики и Арктики, изучением которого и занимается наш коллектив.

Проблема роли океана в климатических изменениях заключается в следующем. Во-первых, он является наиболее консервативным по отношению к атмосфере компонентом климатической системы, а во-вторых, порождает собственные долгопериодные (50–70 лет) составляющие климатической изменчивости. Не изучив собственной изменчивости океана и ее влияния на атмосферу, нельзя оценить вклад других факторов, например антропогенного, и корректно учесть их при прогнозировании.



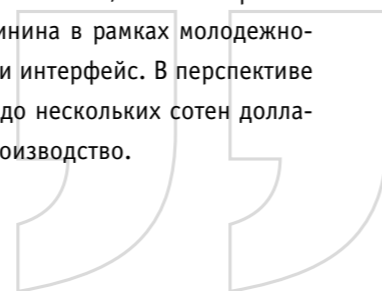
▲ Баренцево море

**НЕ ИЗУЧИВ СОБСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОКЕАНА И ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА АТМОСФЕРУ, НЕЛЬЗЯ ОЦЕНИТЬ ВКЛАД ДРУГИХ ФАКТОРОВ И КОРРЕКТНО УЧЕСТЬ ИХ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ.**

Наше исследование развивается по двум взаимосвязанным направлениям — высокоточные наблюдения океана и численное моделирование системы океан-атмосфера. Современная модель, основанная на коде NEMO, успешно работает для Атлантики, сейчас мы включаем в нее Арктику. А вот намеченные точки для наблюдений приходится пересматривать

в связи с закрытием доступа к исключительным экономическим зонам различных государств в северной Атлантике, где расположены важные для нас пограничные течения. Придется решать эту задачу, ограничиваясь наблюдениями в открытом океане.

Несколько лет назад возникла идея использовать судовые радары для наблюдения за поверхностью моря, чтобы расширить количество параметров и сеть наблюдений. Один из наших соинвесторов, компания «Морские компьютерные системы», совместно с которой мы создаем системы наблюдений состояния поверхности океана, помогла в реализации этой идеи, и моя коллега Наталья Тилинина в рамках молодежного гранта РНФ с нуля разработала устройство и интерфейс. В перспективе цена такого устройства может быть снижена до нескольких сотен долларов, что позволит запустить его в массовое производство.



**ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ**

Исследователи и инженеры предлагают разные пути решения климатических проблем: от распыления аэрозолей для управления солнечным излучением и газоочистки воздуха до вывода орбитальных зеркал. Однако теоретики подчеркивают, что ко всем этим идеям нужно относиться с особой осторожностью, поскольку не только их эффективность, но даже влияние на окружающую среду мало или совсем не изучены. Сегодня большинство прикладных исследований направлены на улавливание парниковых газов и возвращение их в энергетический цикл, например, переработку в полезные для химической промышленности вещества. Разработки находятся на стадии научных исследований и прототипов установок.



По сравнению с классическими однокомпонентными, у них на поверхности больше активных центров, что может повысить производительность катализатора. Здесь мы выбрали железо и платину — компромисс между дорогостоящей платиной и доступным железом. Наша подложка и активные частицы взаимодействуют особым образом. Тонкие слои нитрида бора формируют защитную оболочку вокруг металлической частицы и защищают ее от спекания с другими частицами, благодаря чему катализатор дольше сохраняет свои свойства.

**МЫ МОЖЕМ ПОЛУЧАТЬ ЦЕННЫЕ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УГЛЕВОДОРОДЫ: ОЛЕФИНЫ, ПАРАФИНЫ, ЭТАНОЛ И МНОГОЕ ДРУГОЕ.**

Мы перерабатываем углекислый газ путем его гидрирования при повышенных давлении, температуре и в присутствии катализатора. На выходе, в зависимости от выбранного катализатора и условий протекания реакции, мы можем получать ценные для химической промышленности углеводороды: олефины, парафины, этанол и многое другое. На первый взгляд, эта реакция выглядит просто:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ . Однако в действительности она скрывает в себе множество сложных стадий, зависящих от адсорбции исходных реагентов и промежуточных продуктов на разных активных центрах катализатора, поэтому полного понимания ее механизма до сих пор нет.

У бизнеса со стратегическим видением будущего должен быть интерес к подобным технологиям. В России есть такие компании. Как раз сейчас с одной из них мы заключаем контракт на разработку материалов с высокой способностью поглощать водород.



Исследовательская команда Антона Конопацкого. Изображение предоставлено авторами исследования



**АНТОН КОНОПАЦКИЙ**

кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории «Неорганические наноматериалы» МИСиС



**Углекислый газ — почти неисчерпаемый источник сырья для химической промышленности**



Наша глобальная цель — найти эффективный способ переработки углекислого газа как почти неисчерпаемого источника сырья для химической промышленности. Для этого мы разрабатываем новые катализаторы. Они обычно состоят из подложки и каталитически активных частиц. Подложкой могут служить оксид алюминия, кварц и ряд других материалов, а активными частицами могут быть кобальт, никель, платина и многие другие. Мы разрабатываем слоистые наноматериалы, в частности, гексагональный нитрид бора. Он химически стойкий, выдерживает повышенные температуры и у него хорошие механические свойства.

Чтобы повысить эффективность катализатора на основе нитрида бора, в его структуру мы можем добавить углерод, кислород или добавить дефекты. В качестве активных частиц мы решили использовать двухкомпонентные системы.



### АНДРЕЙ САРАЕВ

кандидат физико-математических наук,  
научный сотрудник Института катализа  
имени Г. К. Борескова СО РАН



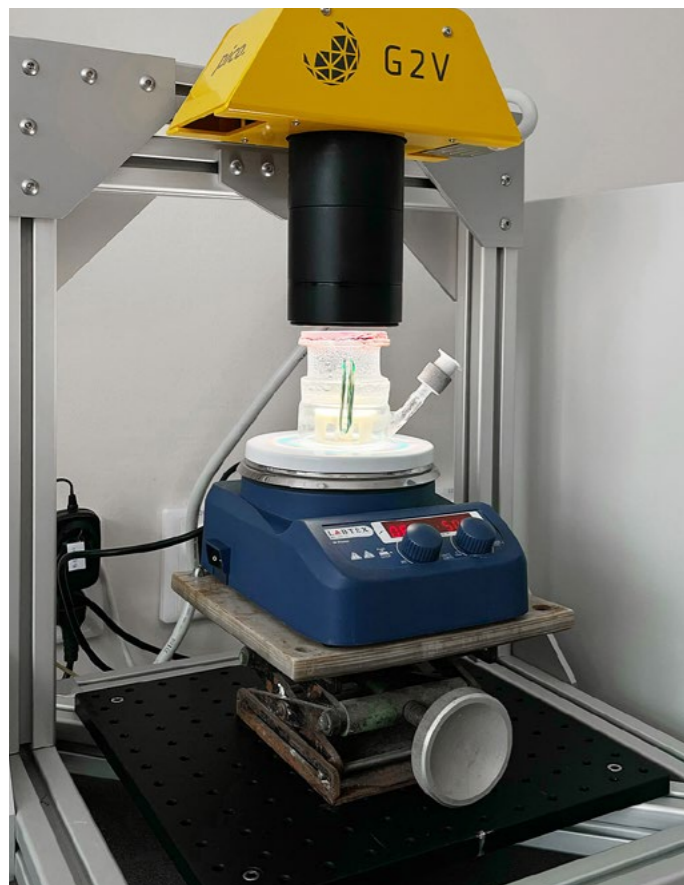
## Будущее – за фотокатализом



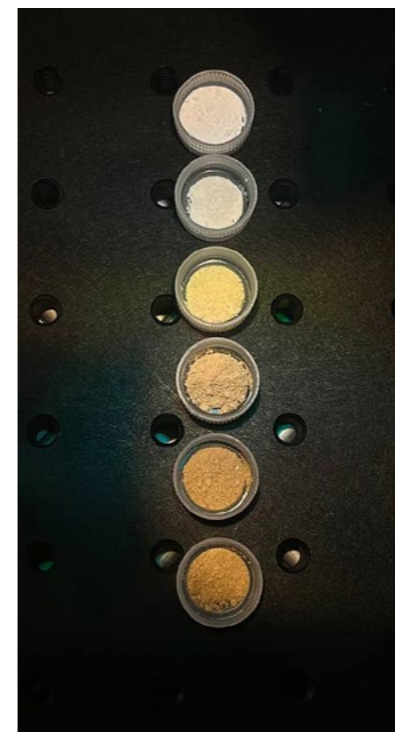
Если посмотреть вокруг, можно заметить, что природа уже решила проблему избытка  $\text{CO}_2$  в атмосфере, и это фотосинтез, который позволяет растениям превращать углекислый газ в органические молекулы и накапливать энергию в виде химических связей в этих молекулах. Наша группа занимается развитием искусственного фотосинтеза, для реализации которого мы ищем эффективный фотокатализатор.

Это позволит вернуть  $\text{CO}_2$  в энергетический цикл и сделать его замкнутым, чтобы продукты трансформации  $\text{CO}_2$  использовать, например, в химической, парфюмерной или нефтеперерабатывающей промышленности.

Мы создаем такие катализаторы, которые смогут под действием солнечного света улавливать и превращать углекислый газ в другие соединения, например  $\text{CO}$ , метан и ценные органические вещества. Так, к классическому фотокатализатору диоксиду титана мы добавили платину и медь, чтобы катализатор работал под действием видимого света. При этом модификация медью не только позволяет снизить стоимость фотокатализатора, но и увеличить скорость образования метана. Кроме того, нам удалось создать композитный фотокатализатор на основе графитоподобного нитрида углерода и диоксида титана.



Высокоточный симулятор солнечного света Pico позволяет в лабораторных условиях смоделировать солнечное освещение на нужных широте и долготе, например в Новосибирске или Архангельске. Изображение предоставлено авторами исследования



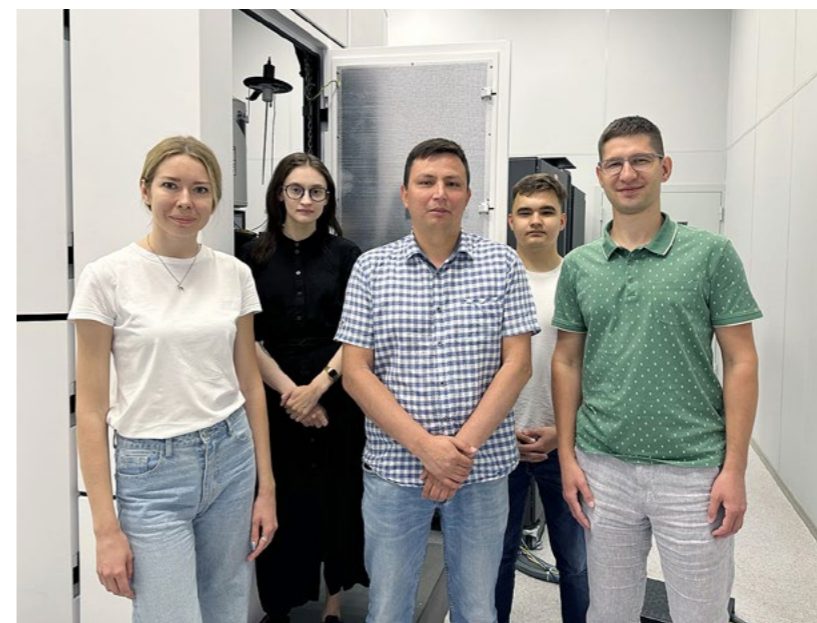
Созданные учеными фотокатализаторы на основе диоксида титана с разным количеством нитрида углерода. Изображение предоставлено авторами исследования

Он эффективно адсорбирует углекислый газ и показывает высокую скорость образования метана, которая в 4,5 раза выше, чем у диоксида титана, модифицированного медью. Скорость составляет 17 микромоль в час на грамм катализатора.

### ФОТОКАТАЛИЗ В БУДУЩЕМ СТАНЕТ ОДНИМ ИЗ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Такая технология нигде не реализована на практике, поскольку требует большого количества научных исследований, а в дальнейшем и больших территорий, площадь которых сравнима с площадями, используемыми для солнечных электростанций.

Однако, на мой взгляд, фотокатализ в будущем станет одним из наиболее эффективных методов утилизации углекислого газа. Он позволяет снижать углеродную нагрузку на атмосферу и получать энергию или сырье, используя только солнечный свет, атмосферный  $\text{CO}_2$  и воду.



Исследовательская команда Андрея Сараева на фоне мощного микроскопа Themis Z. Изображение предоставлено авторами исследования



**Российский  
научный фонд**

---

Для иллюстрации статей использованы фотографии пресс-службы РНФ,  
ТАСС, пресс-службы СПбГЭТУ «ЛЭТИ», КФУ, авторов исследований  
и изображения из открытых источников.