

Дайджест Российского научного фонда

# 1 / 2024

# ОТКРЫВАЙ

ТЕМА НОМЕРА

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

СРНФ

## МНЕНИЕ

Ведущие эксперты  
о проблемах  
и перспективах  
каталитической  
химии

**42**  
стр.

Доктор химических наук  
Татьяна Микенас  
о новых катализато-  
рах для российской  
промышленности

**32**  
стр.



**4**

Прогнозирование  
погодных аномалий  
на полгода вперед

**20**

Прозрачные  
электроды для «умных»  
незапотевающих окон

**26**

Стратегия развития  
РНФ до 2030 года

**62**

Фоторепортаж  
из лаборатории  
ИОХ РАН

# СОДЕРЖАНИЕ

2

## РАЗДЕЛ 1

### ОТКРЫТИЯ

Яркие результаты грантополучателей Фонда в разных областях науки

4

Универсальная модель позволит прогнозировать погоду на шесть месяцев вперед

6

Сверхпроводящий интерферометр может лечь в основу устройства для работы квантовых нейросетей

8

Новый метод получения композитов упростит создание многих изделий

10

Найден способ активировать один из важнейших белков в клетках человека

12

Желтый свет обезвредит спящие очаги туберкулеза и устойчивые к антибиотикам бактерии

14

Точное количество антибиотиков в молоке определили с помощью искусственного интеллекта и электричества

16

При построении климатических моделей нужно учитывать «мозаичность» болот

18

Кости птиц на стоянках эпохи неолита свидетельствуют об изменении маршрутов их миграций

20

Прозрачные электроды помогут ускорить интернет и пригодятся для «умных» незапотевающих окон

22

## РАЗДЕЛ 2

### СОБЫТИЯ

Новости из жизни Фонда

24

Передовые научные исследования в России и мире

25

Пресс-конференция в ТАСС с ведущими российскими учеными

26

Заседание Совета при Президенте по науке и образованию

28

Премия Президента в области науки и инноваций для молодых ученых за 2023 год

28

Конкурсы РНФ: итоги зимней отчетной кампании, прием заявок на конкурсы 2025 года

30

Александр Хлунов на Форуме будущих технологий

31

Деловая программа РНФ на Всемирном фестивале молодежи



32

## РАЗДЕЛ 3

### ИНТЕРВЬЮ

Ведущие российские ученые о своей работе и будущем науки

Доктор химических наук Татьяна Микенас об отечественных катализаторах нового поколения

42

## РАЗДЕЛ 4

### МНЕНИЕ

Грантополучатели Фонда о трендах в науке

Каталитическая химия



62

## РАЗДЕЛ 5

### ФОТОРЕПОРТАЖ

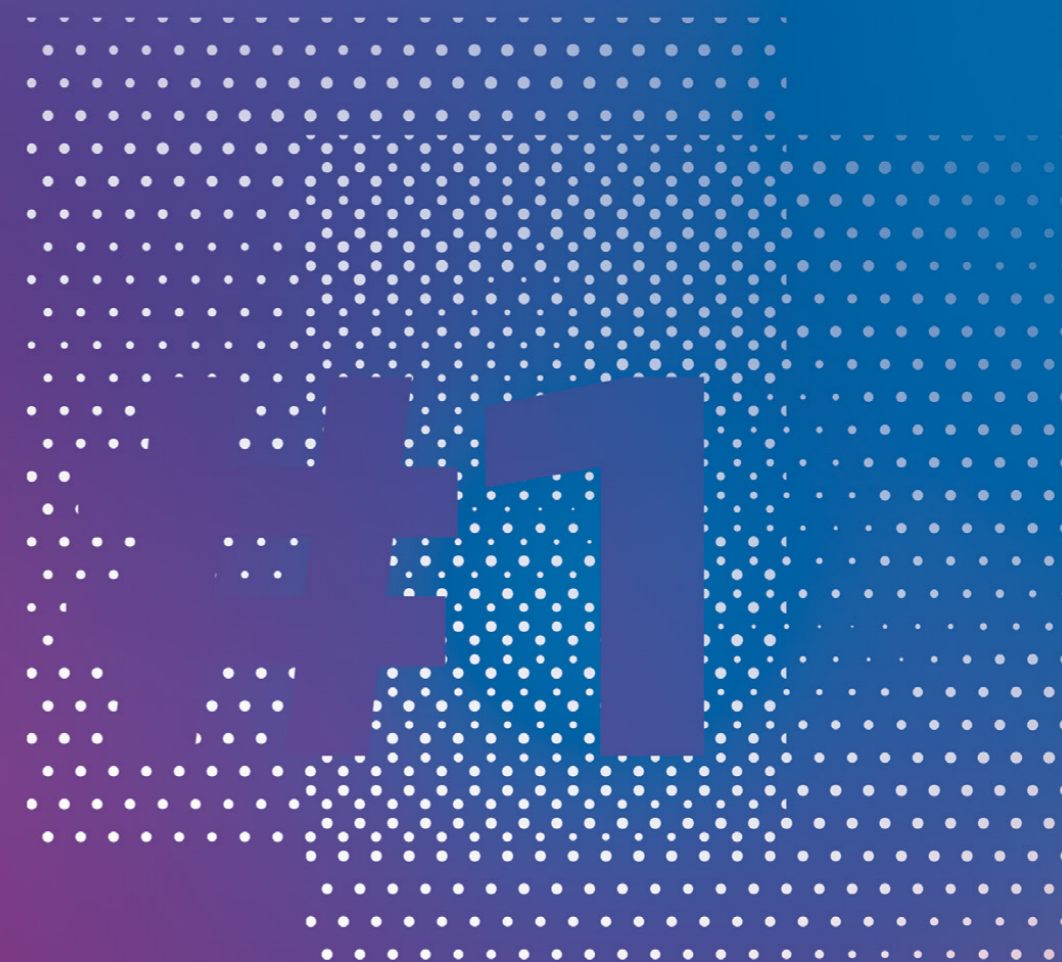
Фотоистории из научных лабораторий грантополучателей Фонда

Лаборатория металлокомплексных и наноразмерных катализаторов Института органической химии имени Н. Д. Зелинского РАН

• • // **ОТКРЫТИЯ**

ЯРКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛЕЙ  
ФОНДА В РАЗНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ

2024 ГОД  
//  
ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ-МАРТ  
/  
РАЗДЕЛ #1  
ОТКРЫТИЯ > НОВОСТИ  
ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛЕЙ



Руководитель проекта



АНДРЕЙ  
КУЛЕШОВ

доктор физико-математических наук

Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша РАН

Москва



Разработанная компьютерная модель может применяться в среднесрочных (3–10 суток), субсезонных (2–6 недель) и долгосрочных (1–6 месяцев) прогнозах погоды и ее аномалий.

поэтому усложнению моделей сопутствует увеличение мощности используемых суперкомпьютеров. Тем не менее новая модель SLNE — один из значимых шагов в развитии методов моделирования и прогнозирования погоды с различной степенью заблаговременности. Подобные модели применяются далеко не во всех ведущих метеорологических центрах мира.

**>> ИССЛЕДОВАТЕЛЯМ УДАЛОСЬ НЕ ПРОСТО С ВЫСОКОЙ ДЕТАЛИЗАЦИЕЙ СОЕДИНИТЬ В ОДИН КОМПЛЕКС ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ — АТМОСФЕРУ, ОКЕАН, МОРСКОЙ ЛЕД, НО И ДОСТАТОЧНО БЫСТРО ПОЛУЧИТЬ СОГЛАСОВАННЫЙ С НАБЛЮДЕНИЯМИ РЕЗУЛЬТАТ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Все вычисления были сделаны на суперкомпьютере Главного вычислительного центра Росгидромета, который имеет в своем составе свыше 35 тысяч вычислительных ядер. В ближайшие годы новая модель будет проходить проверку для дальнейшего использования в Гидрометцентре России.

Прогноз погоды — это всегда компромисс между скоростью получения результата и его точностью,

Источник: Машины и механизмы

## УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОЗВОЛИТ ПРОГНОЗИРОВАТЬ ПОГОДУ НА ШЕСТЬ МЕСЯЦЕВ ВПЕРЕД

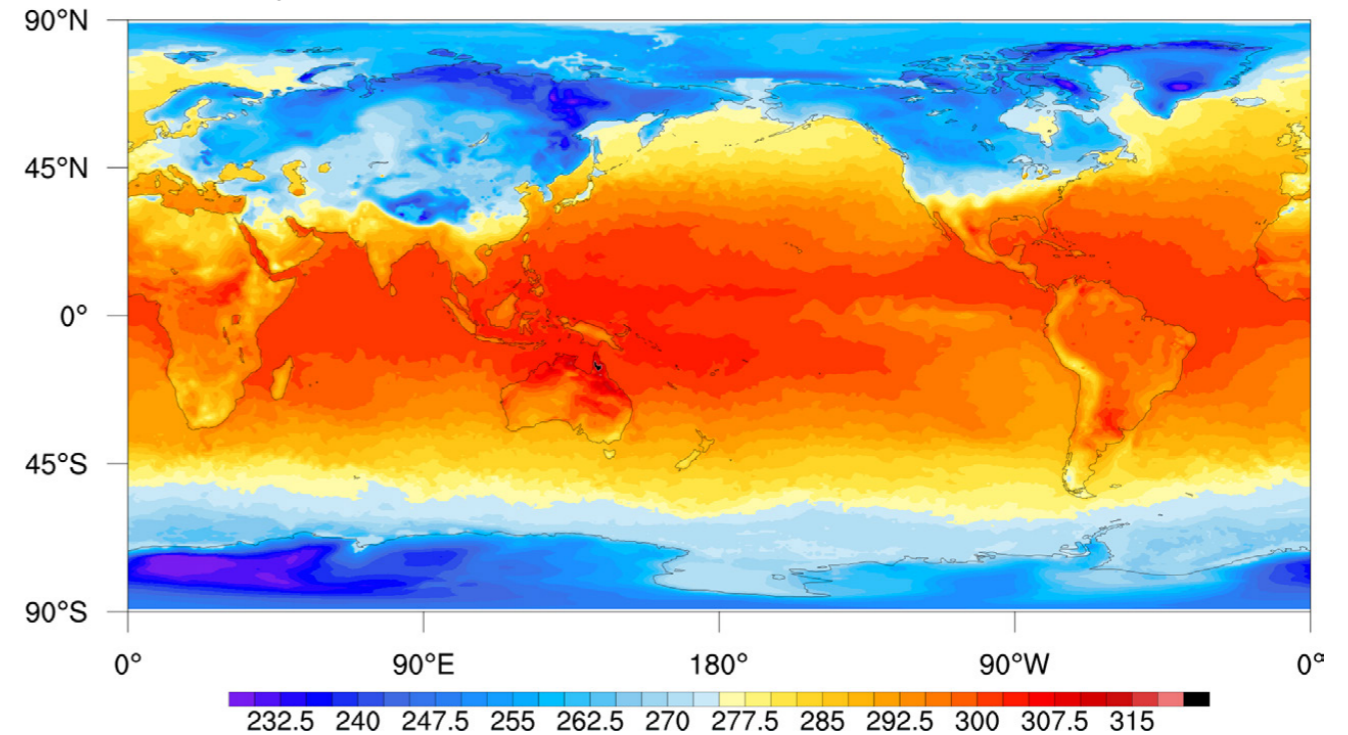
Создана модель, которую можно будет применять для прогноза аномалий погоды с заблаговременностью до полугода. В рамках этой модели объединены другие, позволяющие воспроизводить динамику атмосферы, океана и морского льда.

Понимание того, что может произойти с погодой в ближайшие месяцы, позволяет специализированным службам лучше подготовиться к аномально низким температурам или продолжительной жаре. В первую очередь это важно для социально-экономического планирования, например в сельскохозяйственном или энергетическом секторах. Ученые под руководством Ростислава Фадеева создали компьютерную программу, объединившую отечественную модель прогноза погоды

ПЛАН и европейскую модель океана NEMO. Новая модель получила название SLNE по первым буквам моделей, взятых за основу ее создания.

Исследователям удалось не просто с высокой детализацией соединить в один комплекс основные компоненты климатической системы — атмосферу, океан, морской лед, но и достаточно быстро получить согласованный с наблюдениями результат моделирования.

Опытный прогноз приземной температуры в градусах Кельвина по разработанной модели. Источник: Rostislav Yu. Fadeev // Supercomputing Frontiers and Innovations, 2024



// Результаты исследования опубликованы в журнале Supercomputing Frontiers and Innovations



Карточка проекта

Руководитель проекта



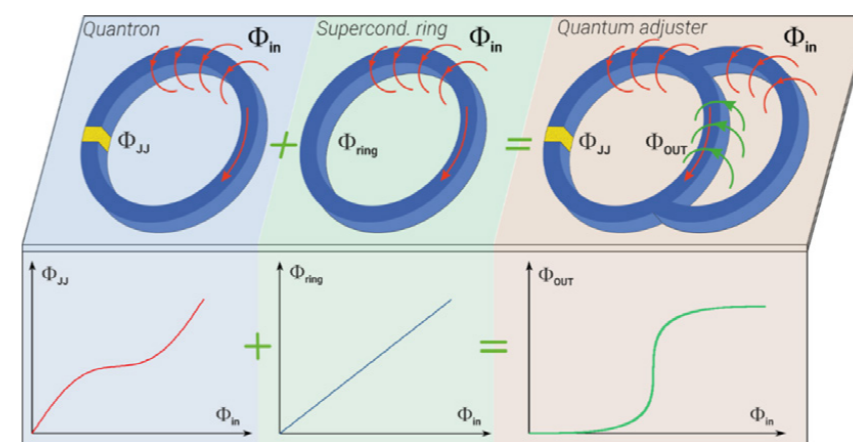
МАРИНА

БАСТРАКОВА

кандидат физико-математических наук

Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

Нижний Новгород



Модель и основная идея бифункциональной сверхпроводниковой ячейки. Источник: Марина Бастраскова

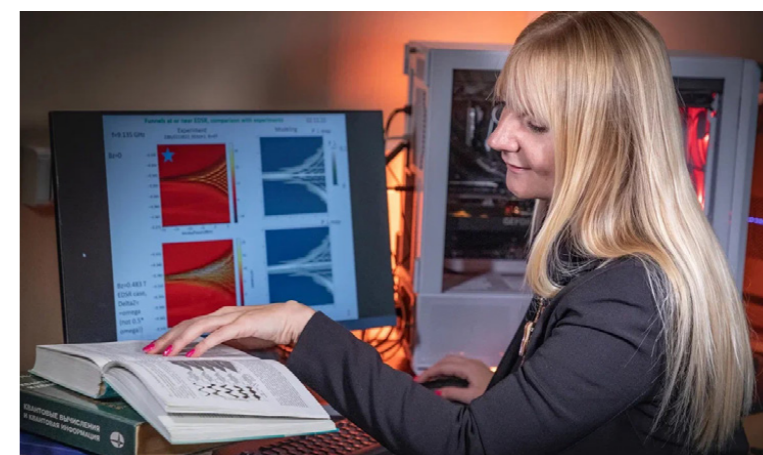
Физики предложили модель сверхпроводящей логической ячейки, которая может выступать как единицей информации в квантовом компьютере — кубитом, так и базовым элементом нейросети — нейроном. Такой ячейкой оказался интерферометр — прибор, изменяющий магнитное поле по заданному учеными закону. При температурах, близких к абсолютному нулю по шкале Кельвина (−273 °С), интерферометр проявляет квантовые эффекты на макроскопических масштабах.

исследователи продемонстрировали режим работы квантовой ячейки (квантового нейрона), полностью аналогичной известным для классических нейронных сетей.

Меняя параметры индуктивностей ячейки и внешнего потока, ученые смогли использовать ее в качестве вспомогательного кубита. В дальнейшем авторы работы планируют изучить передачу и обработку квантовой информации в простейшей квантовой сверхпроводниковой сети.

**>> ФИЗИКИ ПРЕДЛОЖИЛИ МОДЕЛЬ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ, КОТОРАЯ МОЖЕТ ВЫСТУПАТЬ КАК ЕДИНИЦЕЙ ИНФОРМАЦИИ В КВАНТОВОМ КОМПЬЮТЕРЕ — КУБИТОМ, ТАК И БАЗОВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ НЕЙРОСЕТИ — НЕЙРОНОМ**

Ученые настроили ячейку так, что она перестала реагировать на незначительные изменения магнитного поля, поступающего на нее. Но если магнитный поток на входе оказался достаточно сильным, то на выходе формировался фиксированный магнитный поток. Таким образом



Заведующая лабораторией теории наноструктур Университета Лобачевского Марина Бастраскова. Источник: Марина Бастраскова

**ПРЕЗИДЕНТСКАЯ ПРОГРАММА**

Источник: Russia Today

**СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР МОЖЕТ ЛЕЧЬ В ОСНОВУ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАБОТЫ КВАНТОВЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ**

Ученые предложили сверхпроводящую логическую ячейку, которая может быть как составной частью квантового компьютера, так и компонентом нейросети — искусственным нейроном. В перспективе на ее основе будут проектироваться элементы для нейроморфной обработки информации в квантовых процессорах — по сути, квантовые нейросети.

Несмотря на колоссальный прогресс и внедрение нейронных сетей практически во все сферы деятельности человека, ученые продолжают поиски оптимальной элементной базы искусственных нейросетей, которые потребляли бы минимум энергоресурсов и при этом работали с экстремально большим объемом данных. Для решения

проблемы предлагается объединять идеи квантовых вычислений и нанотехнологий на основе сверхпроводниковой элементной базы. В разы повысить вычислительную мощность устройств позволяет квантовый компьютер, который в качестве носителя информации использует квантовые частицы.



Карточка проекта

**ПЕРВЫЕ ДЕСЯТЬ**

2013 // 2 ноября

По инициативе Президента России создан Российский научный фонд с целью финансирования важнейших для науки, экономики и общества научных исследований, которые укрепляют технологический суверенитет страны и улучшают качество жизни ее граждан.

2014 // 15 января

Создан первый экспертный совет. В него вошли 17 активных и результативных ученых со степенью доктора наук, получивших общественное признание.

Всего в Фонде создано 4 экспертных совета: по научным проектам, по научным программам (завершил работу в 2019 году), по Президентской программе и по региональным конкурсам.

Руководитель проекта



ТАРЕК

ДАЙЮБ

кандидат физико-математических наук

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Москва



Авторы исследования. Алексей Максимкин (слева), Тарек Дайюб (справа). Источник: Тарек Дайюб

## ПЕРВЫЕ ДЕСЯТЬ

2014 // 6 февраля

Объявлен прием заявок на первый конкурс проектов отдельных научных групп. На него поступило более 11,8 тысячи заявок от ученых из 1270 научных организаций в 80 субъектах России. Заявки можно было подать через интернет с помощью специальной информационно-аналитической системы – ИАС РНФ.

более

# 11,8

тыс.  
заявок от ученых

### ПРЕЗИДЕНТСКАЯ ПРОГРАММА

Источник: РИА Новости

## НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ УПРОСТИТ СОЗДАНИЕ МНОГИХ ИЗДЕЛИЙ

Ученые добились более качественного сцепления между слоями полимерных и металлических материалов, обработав первые кислотами и «пришив» к ним молекулы целлюлозы. Такой подход позволит создавать композитные материалы для различных изделий: от эндопротезов до элементов подвижных металлических конструкций, например автомобильных подшипников.

Сегодня для создания композиционных, то есть состоящих из нескольких компонентов, материалов часто используют полимер будущего — сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Совместимость с организмом, низкий коэффициент сухого трения, высокая износостойкость и неспособность реагировать с другими веществами

делают его подходящим материалом для производства имплантатов и вкладышей эндопротезов, подшипников скольжения и облицовки металлургических ковшей. Кроме того, композиты на основе такого полимера позволяют отказаться от смазочных материалов, загрязняющих окружающую среду.

Команда ученых разработала технологию получения высокопрочного и износостойкого сверхвысокомолекулярного полиэтилена из коммерчески доступных компонентов.

Ученые предложили использовать для скрепления полимерных лент с металлической поверхностью склеивание с помощью адгезивов — веществ, обеспечивающих поверх-

ностное сцепление без воздействия высоких температур. Вначале они обработали полимерную ленту смесью кислот, а затем сделали прививку целлюлозы с использованием ультрафиолетового излучения. Механические испытания показали, что новый метод позво-

**>> МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ПОКАЗАЛИ, ЧТО НОВЫЙ МЕТОД ПОЗВОЛЯЕТ ПОВЫСИТЬ АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА В ТРИ РАЗА, ПРИ ЭТОМ ЕГО МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СНИЖАЮТСЯ НЕЗНАЧИТЕЛЬНО**

Чтобы объединить полиэтилен с металлами, обычно используют метод сжатия при высоких температурах. Однако в результате нагрева выше 100 °С полимер теряет свою уникальную структуру и, соответственно, нужные свойства.

ляет повысить адгезионные свойства материала в три раза, при этом его механические свойства снижаются незначительно.



Ориентированная лента сверхвысокомолекулярного полиэтилена с адгезивом на металлическом цилиндре

// Результаты исследования опубликованы в журнале **Journal of Composites Science**



Карточка проекта

Руководитель  
проекта



ДМИТРИЙ

КОЛЕСНИКОВ

кандидат биологических наук

Институт цитологии РАН

Санкт-Петербург



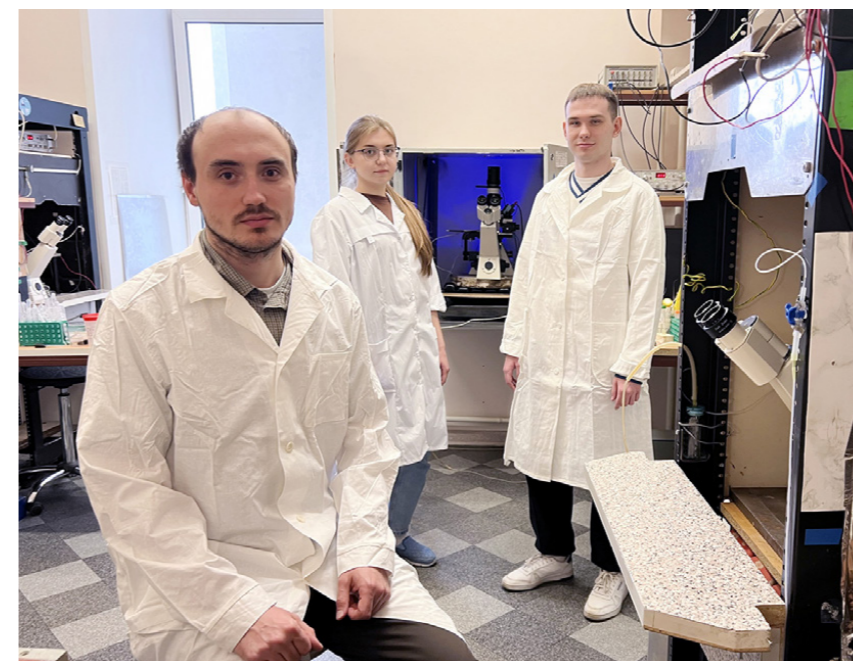
Источник: ТАСС

## НАЙДЕН СПОСОБ АКТИВИРОВАТЬ ОДИН ИЗ ВАЖНЕЙШИХ БЕЛКОВ В КЛЕТКАХ ЧЕЛОВЕКА

Ученые нашли способ искусственной активации функций одного из важнейших белков в клетках человеческого организма — аноктамина 6 (ANO6). Контроль над функциями этого белка имеет большое значение при терапии и профилактике различных заболеваний.

**А**ноктамин 6 — критически важный белок в клетках млекопитающих, включая человека. Он является кальций-зависимым, то есть получает сигналы от окружающей среды с помощью ионов кальция — важнейшего регулятора внутриклеточных процессов. ANO6 позволяет запускать в клетках важнейшие процессы, которые влияют на работу всего организма в целом: свертывание крови, формирование

костных тканей, деятельность иммунных клеток. Белок влияет даже на развитие пневмонии при вирусе COVID-19. Найти способы для искусственной активации этого белка — значит расширить возможности для терапии широкого спектра заболеваний иммунной системы. Несмотря на известность аноктамина 6, многие его биофизические свойства до сих пор неясны.



Научный коллектив проекта.  
Источник: Дмитрий Колесников

Работы проводились на клеточной линии HEK293 из коллекции ИНЦ РАН. Для измерений активности каналов использовался метод локальной фиксации потенциала, который позволяет регистрировать токи через одиночные ионные каналы.

### >> УЧЕНЫЕ ПРЕДЛАГАЮТ С ОСТОРОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ХЕЛАТОР ВАРТА

Ученые проследили, как кальциевый хелатор ВАРТА — вещество, широко используемое для поддержания концентрации кальция во внутриклеточной системе передачи кальциевого сигнала, — влияет на активность ANO6.

С одной стороны, в ходе экспериментов было обнаружено, что ВАРТА в присутствии ионов кальция приводит к снижению амплитуды электрических сигналов в кальций-зависимом ионном канале. С другой стороны, добавление хелатора активирует ANO6 даже при отсутствии внутриклеточных ионов кальция. Таким образом, ВАРТА может оказывать непосредственное влияние на кальций-зависимый белок ANO6. Поскольку связь до конца не изучена, ученые предлагают с осторожностью использовать хелатор ВАРТА.

## ПЕРВЫЕ ДЕСЯТЬ

2014 // 2 июля

Объявлен конкурс комплексных научных программ организаций. В рамках конкурса в 2014–2018 годах 16 научным организациям были предоставлены гранты на развитие в размере до 750 млн рублей с софинансированием от партнера.

2015 // 15 июня

Объявлен первый международный конкурс. Это новый тип конкурсов Фонда, с участием иностранных партнеров. За 10 лет РФНФ провел 33 международных конкурса, партнерами в которых выступили 11 научных фондов и организаций из разных стран мира.

**33**  
международных  
конкурсов  
**11**  
партнеров

// Результаты исследования опубликованы  
в журнале **Biochemical and Biophysical  
Research Communications**



Карточка проекта

Руководитель проекта



МАРГАРИТА

ШЛЕЕВА

доктор биологических наук

ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН

Москва



Источник: Известия

## ЖЕЛТЫЙ СВЕТ ОБЕЗВРЕДИТ СПЯЩИЕ ОЧАГИ ТУБЕРКУЛЕЗА И УСТОЙЧИВЫЕ К АНТИБИОТИКАМ БАКТЕРИИ

Ученые предложили уничтожать лекарственно-устойчивые и спящие формы микобактерий — возбудителей туберкулеза — с помощью желтого света. Неактивные патогены нечувствительны ко всем известным антибиотикам, а потому часто остаются в легких пациентов даже после лечения и вызывают рецидивы заболевания.

Туберкулез сегодня плохо поддается лечению, поскольку его возбудитель — бактерия *Mycobacterium tuberculosis* — стал устойчивым ко многим современным антибиотикам. Даже после успешного, на первый взгляд, лечения в легких человека могут остаться неактивные, спящие формы микобактерий. По данным Всемирной организации здравоохранения, возбудитель туберкулеза может бессимптомно сохраняться у четверти

пациентов в течение многих лет, иногда переходя в активную фазу болезни. В последние годы опасность скрытой формы туберкулеза возросла в связи с тем, что заражение COVID-19 нередко приводит к пробуждению микобактерий, которые в значительной доле случаев оказываются лекарственно-устойчивыми. Это побуждает искать новые способы борьбы с покоящимися и не чувствительными к антибиотикам формами патогена.

Ученые выяснили, что для борьбы с неактивными клетками хорошо подходит облучение бактерий желтым светом с длиной волны 565 нанометров. Свет действует на порфирины — азотсодержащие

Перспективным может оказаться и способ, основанный на использовании гибких органических светоизлучающих диодов в качестве источников света.

➤ В РЕЗУЛЬТАТЕ 30-МИНУТНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА СО СВЕТОМ 99,99% ПАТОГЕНОВ ПОГИБЛО, ЧЕГО НЕВОЗМОЖНО ДОСТИЧЬ ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЮБЫХ АНТИБИОТИКОВ

пигменты, которые синтезируют и накапливают спящие клетки. Под воздействием света порфирины генерируют активные формы кислорода, то есть частицы, способные повреждать белки и ДНК, и таким образом разрушают бактерии туберкулеза изнутри.

В результате 30-минутного эксперимента со светом 99,99 % патогенов погибло, чего невозможно достичь применением любых антибиотиков, даже в случае активно растущих микобактерий. Предложенный подход можно будет применять в клинической практике для лечения туберкулеза, доставляя свет нужной длины волны в очаги заболевания с помощью световодов. В частности, для этой цели можно будет использовать волоконно-оптический бронхоскоп — гибкую тонкую трубку, которая практически безболезненно для пациента позволяет врачу рассмотреть очаги заболевания в легких.

Команда исследователей.  
Источник: Маргарита Шлеева

Кроме того, исследователи разработали подход, с помощью которого можно стимулировать накопление порфиринов и в активно размножающихся микобактериях, чтобы эффективнее убивать их. Для этого ученые предложили предварительно обрабатывать

клетки 5-аминолевулиновой кислотой. Это вещество безопасно для человека и уже используется в медицине при диагностике рака, поэтому в рамках предлагаемого подхода пациенты смогут его принимать, просто запивая водой. Впереди — исследования на лабораторных животных.



Новый подход позволяет уничтожить

99,9%

бактерий



всего за

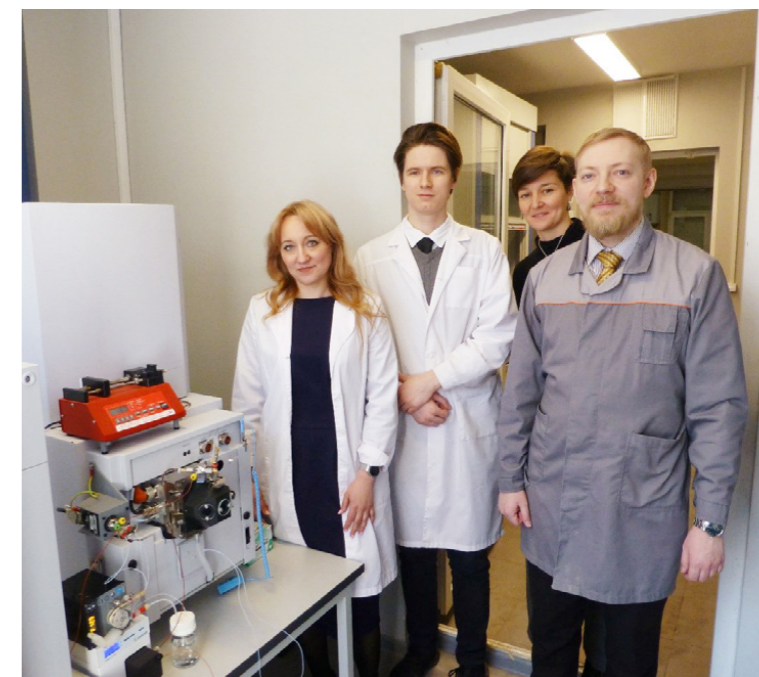
30

минут облучения



СВЕТОМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ

565  
нанометров



// Результаты исследования опубликованы в журнале **Scientific Reports**



Карточка проекта



Руководитель  
проекта



ОЛЬГА  
ОРЛОВА

кандидат технических наук

Национальный исследовательский  
университет ИТМО

Санкт-Петербург



Кроме того, так можно узнать лишь о присутствии вещества, но не определить его количество.

входные сигналы и автоматически определяет содержание антибиотиков в образцах.

Новая технология основана на алгоритмах искусственного интеллекта (ИИ) и электрохимическом анализе — высокочувствительном методе обнаружения веществ в растворах. Она состоит из трех компонентов: сенсора с электродом, потенциостата (прибора для электрохимических исследований) и программы на основе ИИ, которая анализирует

По словам разработчиков, чем меньше в молоке антибиотиков, тем сильнее окисляется металл на электроде и, соответственно, падает напряжение тока во всей системе. В перспективе данный алгоритм можно использовать для анализа состава других веществ — кофе, вина и даже нефтепродуктов.

**>> НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВАНА НА АЛГОРИТМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ — ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОМ МЕТОДЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В РАСТВОРАХ**

Источник: Газета.Ru

## ТОЧНОЕ КОЛИЧЕСТВО АНТИБИОТИКОВ В МОЛОКЕ ОПРЕДЕЛИЛИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Химики, основываясь на электрохимическом анализе и алгоритмах машинного обучения, разработали технологию, которая автоматически может определить содержание и точную концентрацию антибиотиков в молоке. Технология применима и для анализа других сред — для обнаружения нежелательных примесей в нефти, проверки качества кофе и подлинности вина.

**Х**имики создали технологию, которая определяет наличие и точную концентрацию антибиотиков в молоке. Следы антибиотиков, которые используются в профилактике болезней и лечении домашнего скота, — серьезная проблема. Поставщики тщательно перепроверяют продукцию, прежде чем она окажется на полках магазинов, ведь

остатки препаратов могут негативно повлиять на здоровье потребителей — вызвать аллергию и резистентность к антибиотикам.

Обычно молоко проверяют на содержание медицинских препаратов с помощью тест-полосок, но точность этого способа редко превышает 70 %.



Источник: Дмитрий Григорьев, itmo.news

**// Результаты исследования опубликованы в журнале ACS Applied Materials & Interfaces**



Карточка проекта

Руководитель проекта



ИРИНА

РЕПИНА

доктор физико-математических наук

Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН

Москва



Мухринский торфяник на закате. Источник: Арина Ларина

Источник: РИА Новости

## ПРИ ПОСТРОЕНИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НУЖНО УЧИТЫВАТЬ «МОЗАИЧНОСТЬ» БОЛОТ

Ученые выяснили, что неоднородная поверхность болот, «мозаичность» их микроландшафтов влияет на интенсивность выделения метана. Результаты наблюдений помогут исследователям строить более точные модели выбросов парниковых газов, а также оценить вклад болот в потепление климата с учетом того, сколько парниковых газов выделяет и поглощает та или иная территория.

**З**начительные площади Западной Сибири занимают болота — одни из главных хранилищ углерода на Земле. Болота активно участвуют в углеродном цикле, в частности, они поглощают углекислый газ и выделяют метан. На интенсивность процесса влияют температура у поверхности болота, его рельеф, а также влажность почвы.

Авторы изучили типичное для Западной Сибири верховое болото, питаемое осадками, на примере Мухринского торфяника — международного полевого стационара в Ханты-Мансийском автономном округе. В ходе экспедиции исследователи описали рельеф и температуру поверхности болота, используя дрон для наблюдений за местностью.

Ученые провели наиболее детальные на сегодняшний день измерения потоков тепла и влаги, а также количества метана, выделяемого с единицы местности различными микроландшафтами болота. Во время эксперимента на полигоне Мухрино была развернута подробная сеть наблюдений из когда-либо существовавших среди всех западносибирских болот.

**В РАЗНЫХ УЧАСТКАХ ОДНОГО И ТОГО ЖЕ БОЛОТА ВЫБРОСЫ МЕТАНА МОГУТ РАЗЛИЧАТЬСЯ ПОЧТИ В 150 РАЗ. ЭТО ОБЪЯСНЯЕТСЯ ТЕМ, ЧТО СТРУКТУРА БОЛОТ НЕОДНОРОДНА**

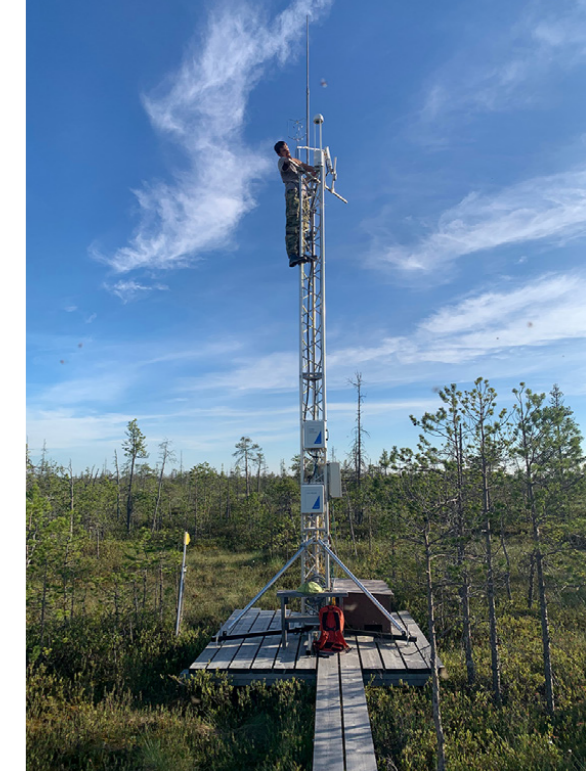
Исследователям удалось собрать уникальный массив данных, дающий возможность ставить и решать качественно новые задачи.

На примере Мухринского торфяника ученые выяснили, что в разных участках одного и того же верхового болота выбросы парникового газа

метана могут различаться почти в 150 раз. Это происходит из-за того, что структура болот неоднородна.

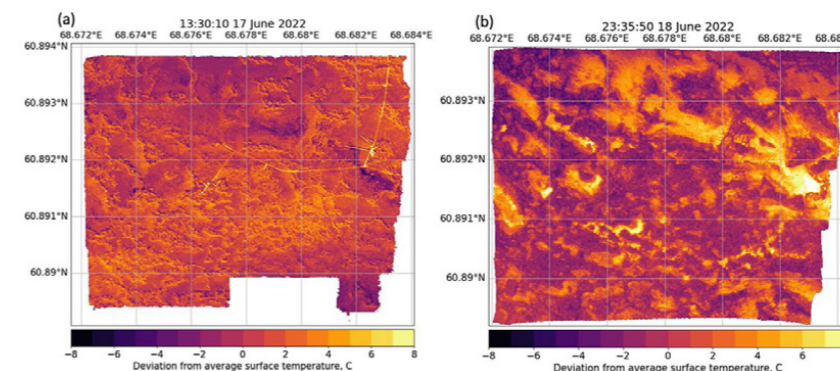
В пределах Мухринского торфяника исследователи выделили значительно различающиеся между собой микроландшафты, такие как «рямы» — возвышающиеся участки, покрытые кустарниками или невысокими деревьями, «гряды» — кочки, поросшие мхом, топи и «мочажинь» — низинные переувлажненные места.

Дневные и ночные температуры у поверхности болота: разница между холодными низинными, залитыми водой участками и возвышениями составила в дневные часы около 10 °С. Это объясняется тем, что вода нагревается медленнее, чем воздух, а потому влажные почвы обычно имеют более низкую температуру.



Измерительный комплекс для определения потоков тепла, влаги и парниковых газов методом турбулентных пульсаций. Источник: Дмитрий Чечин

Результаты будут полезны при построении моделей выделения и поглощения парниковых газов болотами, а также при прогнозировании этих процессов в условиях изменения климата. Кроме того, понимание процессов влаго-, тепло- и газообмена торфяников с атмосферой важно при их осушении или восстановлении.



Температура поверхности болота днем (а) и ночью (б). Источник: D. G. Chechin et al. / Forests, 2024

// Результаты исследования опубликованы в журнале Forests



Карточка проекта

Руководитель  
проекта



ЕКАТЕРИНА

ДОЛБУНОВА

кандидат исторических наук

Государственный Эрмитаж

Санкт-Петербург



Источник: Naked Science

## КОСТИ ПТИЦ НА СТОЯНКАХ ЭПОХИ НЕОЛИТА СВИДЕТЕЛЬСТВУЮТ ОБ ИЗМЕНЕНИИ МАРШРУТОВ ИХ МИГРАЦИЙ

Кости птиц, найденные в экспедициях, помогут не только узнать о фауне, распространенной тысячи лет назад, и проследить изменения в маршрутах миграции птиц, но и выявить особенности быта и ритуалов в древних поселениях охотников-собирателей, живших в эпоху неолита.

Ученые проанализировали кости птиц, найденные на семи стоянках охотников-собирателей эпохи неолита (6–3 тысячи лет до нашей эры) в Днепро-Двинском междуречье на Северо-Западе России, сравнили их с современными образцами и определили, что до 93 % из них — водоплавающие птицы.

Исследовав находки на древних стоянках, среди которых более 700 костей птиц, археологи сделали выводы о принципах охоты, сезонности промысла и особенностях быта в различных поселениях. Изучение останков помогло также восстановить данные о видах пернатых, обитавших в той или иной местности тысячи лет назад, и маршрутах их миграций.

Образцы костей птиц со следами порезов, обнаруженные на стоянках охотников-собирателей эпохи неолита. Источник: Екатерина Долбунова



Авторы предположили, что древние охотники преимущественно добывали птицу с помощью сетей в периоды их миграции в теплое время года. На это указывает доминирование перелетных видов среди находок, чаще всего уток.

### >> ПУТИ МИГРАЦИИ И АРЕАЛ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПТИЦ МЕНЯЛИСЬ ИЗ-ЗА ПОХОЛОДАНИЙ И ПОТЕПЛЕНИЙ

Ученые также отметили, что на изученных стоянках видовой состав птиц несколько различался. Археологи связывают это с особенностями природных условий в различные хронологические периоды существования стоянок, особенностями ландшафтов, сезонностью обитания, типами деятельности

на каждой стоянке, пищевыми предпочтениями различных групп охотников-собирателей.

Сравнение находок с данными о современном распространении птиц показало, что пути миграции и ареал распространения некоторых видов менялись из-за похолоданий и потеплений. Например, современная южная граница ареала краснозобой гагары, кости которой найдены на территории древних стоянок Смоленской области, сейчас проходит по Южной Карелии. Кроме того, обнаружены ору-

дия и украшения, на которых можно различить изображения водоплавающих птиц и, предположительно, ворону и тетерева. По мнению экспертов, птицы были не только объектом промысла: древние люди присваивали им особую символическую роль в культуре.

// Результаты исследования опубликованы в журнале Documenta Praehistorica



Карточка проекта

Руководитель проекта



АЛЕКСАНДР

КУЧМИЖАК

кандидат физико-математических наук

Санкт-Петербургский государственный университет

Санкт-Петербург



Источник: ТАСС

## ПРОЗРАЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ПОМОГУТ УСКОРИТЬ ИНТЕРНЕТ И ПРИГОДЯТСЯ ДЛЯ «УМНЫХ» НЕЗАПОТЕВАЮЩИХ ОКОН

Ученые впервые создали прозрачный электрод — элемент, проводящий электрический ток, который повысил светочувствительность фотодетектора до 85%. Кроме того, датчик улавливает более широкий диапазон длин световых волн.

Оптоэлектронные устройства — приборы, преобразующие свет в электрический ток и наоборот, — все чаще используются в технике, информационных технологиях и медицине. Известно, что оптические приборы, в которых электроды хорошо пропускают через себя свет, эффективнее тех, в которых электроды непрозрачны. Новые материалы способны наделять знакомые пред-

меты улучшенными свойствами: например, «умные» окна не будут запотевать или покрываться льдом благодаря прозрачным электродам. Однако перед учеными встает проблема универсальности: обычно такие материалы обладают высокой прозрачностью только в определенном диапазоне либо недостаточно хорошо проводят ток, что отрицательно сказывается на их эффективности.

В ходе экспериментов ученые создали прозрачный электрод на основе соединения германия и кальция, который повысил

электрод, при этом она не оказала существенного влияния на электрические характеристики. В результате электрод стал прозрачным в широком диапазоне длин световых волн: от 400 до 7 000 нанометров.

➤ УЧЕНЫЕ СОЗДАЛИ ПРОЗРАЧНЫЙ ЭЛЕКТРОД, КОТОРЫЙ ПОВЫСИЛ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ФОТОДЕТЕКТОРА НА 85% В СРАВНЕНИИ С КОММЕРЧЕСКИМИ АНАЛОГАМИ

светочувствительность фотодетектора на 85% в сравнении с коммерческими аналогами. Лазерная обработка в виде небольших квадратных отверстий в пленке позволила повысить прозрачность

Предложенные электроды можно будет использовать в волоконно-оптических линиях передачи информации для более быстрого интернета, а также они пригодятся при создании «умных» покрытий с функцией антизапотевания и антиобледенения для окон, что существенно повысит энергоэффективность зданий.

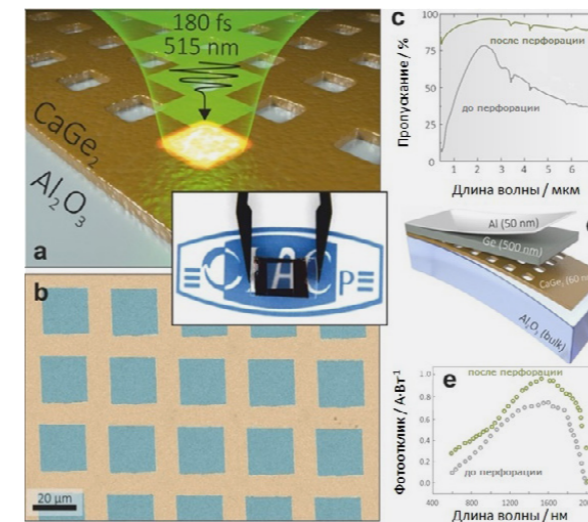
## ПЕРВЫЕ ДЕСЯТЬ

2015 // 18 июня

Фонду поручено проводить экспертизу государственных премий в области науки и инноваций для молодых ученых, а затем и Государственной премии РФ в области науки и технологий.

2015 // 2 ноября

Объявлен первый конкурс по поручениям Президента России. Он проходил среди исследований в области русского языка и других языков народов России.

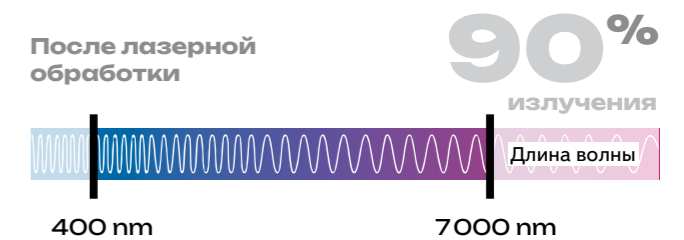
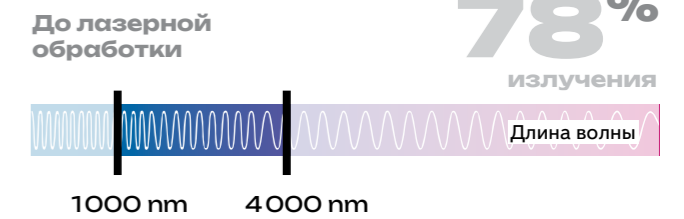


Процесс изготовления и тестирования прозрачных электродов из слоев дигерманида кальция:

- перфорация пленки методом фемтосекундной лазерной печати,
- клетчатый узор на пленке,
- изменение спектра оптического пропускания пленки после лазерной перфорации,
- схематичное изображение германиевого фотодетектора,
- влияние лазерной перфорации на фоточувствительность фотодетекторов.

Источник: Vladimir Il'yaschenko et al. / ACS Applied Electronic Materials, 2024

## ПРОЗРАЧНОСТЬ ЭЛЕКТРОДА



// Результаты исследования опубликованы в журнале ACS Applied Electronic Materials



Карточка проекта

. .. // **СОБЫТІЯ**

НОВОСТИ ИЗ ЖИЗНИ ФОНДА

2024 ГОД  
//  
ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ-МАРТ  
/  
РАЗДЕЛ #2  
СОБЫТІЯ > НОВОСТИ РНФ





Источник: ТАСС

# февраль

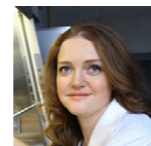
## ВЕДУЩИЕ УЧЕНЫЕ В ДЕНЬ РОССИЙСКОЙ НАУКИ РАССКАЗАЛИ О ПЕРЕДОВЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В РОССИИ И МИРЕ

**В** День российской науки в ТАСС состоялась пресс-конференция с участием грантополучателей РНФ Валентина Ананикова, Александра Бухановского, Ирины Алексеенко, Александра Каплана, Олега Астафьева и Федора Сенатова.

Спикеры рассказали о научных направлениях в мировом сообществе, достижениях отечественных ученых в области искусственного интеллекта, квантовых и нейротехнологий, каталитической химии, а также о генетических технологиях в медицине и биопечати тканей.



Генетические технологии совершают революцию в сельском хозяйстве. Спустя десятилетие мы научимся выращивать для трансплантации органы человека в организмах крупных животных и разрабатывать препараты нового уровня посредством мультиомиксных технологий. Я точно знаю, что РНФ внесет вклад в этот тренд будущего, потому что он уже сейчас поддерживает такие исследования.



**ИРИНА  
АЛЕКСЕЕНКО**



Эталонная экспертиза Фонда и системная поддержка перспективных научных проектов изменили исследовательскую культуру, а созданная РНФ конкурентная среда помогла научным коллективам, в том числе моей команде, поставить перед собой долгосрочные цели и взяться за то, что ранее не делал никто. Грант РНФ — это знак качества, высокая оценка научного сообщества, которой по праву можно гордиться.



**ВАЛЕНТИН  
АНАНИКОВ**



День российской науки

# февраль

## ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ РНФ ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ В НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ, ПОСВЯЩЕННЫХ ДНЮ РОССИЙСКОЙ НАУКИ

**4300**  
гостей

**1,2** млн  
онлайн-зрителей

**П**росветительский фестиваль «Громкий голос российской науки», проходивший в «Зарядье» 10–11 февраля, собрал более 4 тысяч гостей и 1,2 млн онлайн-зрителей. Грантополучатели РНФ традиционно принимали активное участие в программе фестиваля.

Сотрудники ФИАН познакомили гостей фестиваля с люминесценцией, а доктор химических наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник ИФХЭ РАН Мария Калинина в интерактивной лекции рассказала, как гибридная химия позволяет создавать технологии будущего.



Фестиваль «Громкий голос российской науки»





Участники лектория РНФ «Наука за 10 минут»

В рамках международной выставки-форума «Россия» 17 февраля прошел лекторий РНФ «Наука за 10 минут». Успешные молодые ученые, работающие при поддержке Фонда, увлекательно и доступно рассказали о своих передовых исследованиях в области химии, физики, медицины и сельского хозяйства, а также в сфере синтеза новых материалов.



Лекторий РНФ

# февраль

## СОВЕТ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ ПО НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИЮ ОБСУДИЛ СТРАТЕГИЮ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ И ПОДДЕРЖКУ ФОНДОМ ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Президент России Владимир Путин 8 февраля провел заседание Совета по науке и образованию, на котором обсуждались обновленная редакция Стратегии научно-технологического развития страны, а также вопросы финансовой поддержки отечественной науки и развития деятельности Российского научного фонда.

Глава государства предложил осуществлять конкурсный отбор проектов в гражданской сфере преимущественно через Российский научный фонд. Он подчеркнул, что необходимо увеличить финансирование прикладных проектов РНФ, сохранив объем поддержки его фундаментальных программ.



Источник: пресс-служба Президента России



Стенограмма заседания



РНФ традиционно предъявляет строгие требования к отбору проектов и к самим результатам исследований, демонстрирует лучшие практики научной экспертизы, и потому принципиально важно, чтобы Фонд и дальше работал как действенный инструмент поддержки ученых, в том числе молодых — тех, кто только начинает свой путь в науке.

Мы расширили мандат РНФ. Помимо поддержки фундаментальных исследований Фонд с 2023 года финансирует ключевые прикладные проекты. Здесь также есть существенные результаты. Они получены в том числе благодаря плодотворному взаимодействию с крупнейшими компаниями, с Минпромторгом. В этой связи прошу и другие министерства, ведомства, госкорпорации так же активно сотрудничать, выстраивать долгосрочное партнерство с Российским научным фондом.



ВЛАДИМИР  
ПУТИН



Встреча Президента РФ Владимира Путина с участниками III Конгресса молодых ученых. Источник: пресс-служба Президента России

Также Президент утвердил Стратегию развития Фонда на период до 2030 года. Документ определяет приоритетные направления деятельности, стратегические цели и задачи развития, а также принципы деятельности РНФ.

В январе Владимир Путин подписал перечень поручений касательно Российского научного фонда по итогам встречи с участниками III Конгресса молодых ученых, состоявшейся в Сочи.

# февраль

## ОБЪЯВЛЕНЫ ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ ПРЕЗИДЕНТА В ОБЛАСТИ НАУКИ И ИННОВАЦИЙ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ЗА 2023 ГОД

Лауреатами премии стали грантополучатели РНФ Ольга Якубович, Сусанна Гордлеева и Сергей Павлушин — специалисты в областях математического моделирования, борьбы с насекомыми-вредителями и определения методов поиска месторождений стратегически значимых металлов.

С 2008 года премия присуждается молодым ученым за разработку образцов новой техники и технологий, обеспечивающих инновационное развитие экономики и социальной сферы, а также укрепление обороноспособности страны.

# февраль – март

## КОНКУРСЫ РНФ: ИТОГИ ЗИМНЕЙ ОТЧЕТНОЙ КАМПАНИИ, МЕЖДУНАРОДНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ КОНКУРСОВ, ПРИЕМ ЗАЯВОК НА КОНКУРСЫ 2025 ГОДА



Подведены итоги двух конкурсов РНФ с международными партнерами. По итогам IV международного конкурса с Департаментом науки и технологий Министерства науки и технологий Республики Индия (DST) поддержано 23 проекта.

По итогам совместного конкурса РНФ с Национальным научным фондом Ирана (INSF) выбраны 15 международных коллективов. Победителями стали научные коллективы, получившие положительную оценку экспертов обеих стран.

Выполнено  
**4500**  
проектов за 3 года

Утверждены результаты отчетной кампании о реализации поддерживаемых проектов конкурсов 2021–2023 годов. Материалы отчетов о выполнении более 4,5 тысячи проектов в установленном порядке были

рассмотрены экспертами и профильными экспертными советами Фонда: по научным проектам, региональным конкурсам и Президентской программе исследовательских проектов.



Итоги зимней отчетной кампании



**БОЛЕЕ 1,2 МЛРД РУБЛЕЙ СОСТАВИТ ОБЩАЯ СУММА ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТОВ СО СТОРОНЫ ФОНДА И РЕГИОНОВ**



Итоги региональных конкурсов



Прием заявок на региональные конкурсы 2025 года



Конкурс для российско-китайских научных коллективов

**148**

российско-китайских научных коллективов получили поддержку

Фонд объявил победителей двух региональных конкурсов: проектов отдельных научных групп и малых отдельных научных групп. По итогам экспертизы заявок от исследователей из 44 регионов России

гранты получают 476 проектов. Общая сумма поддержки со стороны Фонда и регионов составит более 1,2 млрд рублей. Открыт прием заявок на региональные конкурсы 2025 года.

Также до 26 апреля открыт прием заявок на IV конкурс для российско-китайских научных коллективов. С 2020 года в рамках двустороннего партнерства Российского

научного фонда и Государственного фонда естественных наук Китая (NSFC) было поддержано 148 российско-китайских научных коллективов.





Форум будущих технологий.  
Источник: Фотобанк Росконгресса/  
Максим Григорьев

# февраль

## АЛЕКСАНДР ХЛУНОВ И ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ ФОНДА ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ В РАБОТЕ ФОРУМА БУДУЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Ф**орум будущих технологий, прошедший в Москве 13–14 февраля, открыла панельная дискуссия об экосистеме будущих медицинских технологий. Участники обсудили факторы, оказывающие наибольшее влияние на развитие научно-технологической сферы

и медицины, условия для доверительного диалога между учеными и бизнесом, опыт взаимодействия с зарубежными компаниями. Модератором встречи выступил помощник Президента России, председатель Попечительского совета РФФ Андрей Фурсенко.



Благодаря своей репутации в экспертизе РФФ стал неким брокером между бизнесом и научными коллективами, который смог перевести запрос бизнеса в четкие технологические задания и привлечь лучшие научные коллективы для их выполнения. Это уникальная роль Фонда, которая появилась в 2023 году.



**АЛЕКСАНДР  
ХЛУНОВ**



Форум будущих технологий



Грантополучатели Фонда на Всемирном фестивале молодежи в Сочи. Источник: фотобанк Всемирного фестиваля молодежи

# март

## ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА РФФ СОСТОЯЛАСЬ НА ВСЕМИРНОМ ФЕСТИВАЛЕ МОЛОДЕЖИ



**Р**уководство и грантополучатели Фонда приняли участие в образовательной программе Всемирного фестиваля молодежи в «Сириусе». Заместитель генерального директора РФФ Андрей Блинов рассказал молодым научным лидерам о цифровых ресурсах Фонда. Также на фестивале прошли научно-популярные лекции от ученых-грантополучателей.

Ключевым мероприятием деловой программы Фонда стала панельная дискуссия, посвященная международным конкурсам.



Всемирный фестиваль молодежи

• • // **ИНТЕРВЬЮ**

//

С 2023 года при поддержке РФФ реализуются 60 проектов — прикладных научных исследований с ведущими технологическими компаниями России. Они направлены на создание отечественных катализаторов для химической промышленности, препаратов для сельского хозяйства, транзисторов для микроэлектроники, лекарственных средств и продуктов питания. Этот выпуск дайджеста посвящен бурно развивающейся области каталитической химии.

ВЕДУЩИЕ РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ  
О СВОЕЙ РАБОТЕ И БУДУЩЕМ НАУКИ

**2024 ГОД**

//

**ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ-МАРТ**

/

**РАЗДЕЛ #3**

**ИНТЕРВЬЮ > ДОКТОР ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
ТАТЬЯНА МИКЕНАС**







Старший научный сотрудник Нина Семиколонова (слева) и ведущий инженер Юлия Ученых (справа).  
Источник: Юлия Позднякова / Наука в Сибири

Катализаторы полимеризации — это высокочувствительные соединения, которые разлагаются при взаимодействии с кислородом и влагой,

катализаторы известны более 60 лет, они по-прежнему недостаточно глубоко исследованы на молекулярном уровне. Вместе с коллегами

мы ищем методы регулирования их состава, а также создаем новые технологии получения и разрабатываем методы регулирования свойств получаемых полимеров.

**>> ИМЕТЬ СВОЙ КАТАЛИЗАТОР ОЧЕНЬ ВАЖНО: ПО СУТИ, ЭТО ВОПРОС ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ**

и это затрудняет их исследование. Полимеризация проходит в инертной среде: мы вводим катализатор и получаем на выходе конечный продукт, то есть фактически анализировать характеристики катализатора можно только через свойства полученного полимера. Это работа на грани науки и искусства. Здесь нельзя создать что-то новое, руководствуясь только фундаментальными знаниями. Единственный способ — идти в лабораторию и делать.

Сегодня я руковожу научной группой, которая разрабатывает и исследует катализаторы полимеризации этилена и сополимеризации этилена с  $\alpha$ -олефинами. Хотя эти ка-

**// Что побудило вас участвовать в конкурсе Фонда по поддержке опытно-конструкторских работ?**

Вся полимерная промышленность держится на катализаторах. К сожалению, в России любое производство полиолефинов базируется на импортных катализаторах и технологиях. Если поставки по тем или иным причинам прекратятся, заводы просто встанут. Поэтому иметь свой катализатор очень важно: по сути, это вопрос технологической безопасности страны. Мы исходили из того, что нужно снизить эту зависимость, предложив собственные разработки для производства катализаторов и полимеров. Большой опыт в этой сфере и прошлые наработки придавали нам уверенность, что все получится. Мы не сомневались, что группа создаст новую технологию, однако без дополнительной финансовой поддержки сделать это было сложно, поэтому и решили участвовать в конкурсе Фонда.



Руководитель НТК «Каталитическая полимеризация», главный научный сотрудник Института катализа СО РАН Михаил Мацько.  
Источник: Юлия Позднякова / Наука в Сибири



Гель-хроматограф (карусель для проб полимеров)



**>80%**

российских химических и нефтехимических производств используют катализаторы

**60-70** тыс.  
**В ГОД**

объем потребления катализаторов в России

**// Расскажите подробнее о научном заделе, который лаборатория сформировала к моменту подачи заявки.**

В сфере катализаторов полимеризации этилена мы добились многого. Наша лаборатория в тандеме с компанией ООО «Тинол»\* нашла универсальный подход для приготовления нанесенных титан-магниевого катализаторов различного состава и с различной морфологией частиц. Эти лабораторные образцы ни в чем не уступают импортным и успешно прошли испытания в исследовательских центрах российских

компаний. Наши катализаторы позволяют получать по различным технологиям полиэтилен и сополимеры этилена с  $\alpha$ -олефинами.

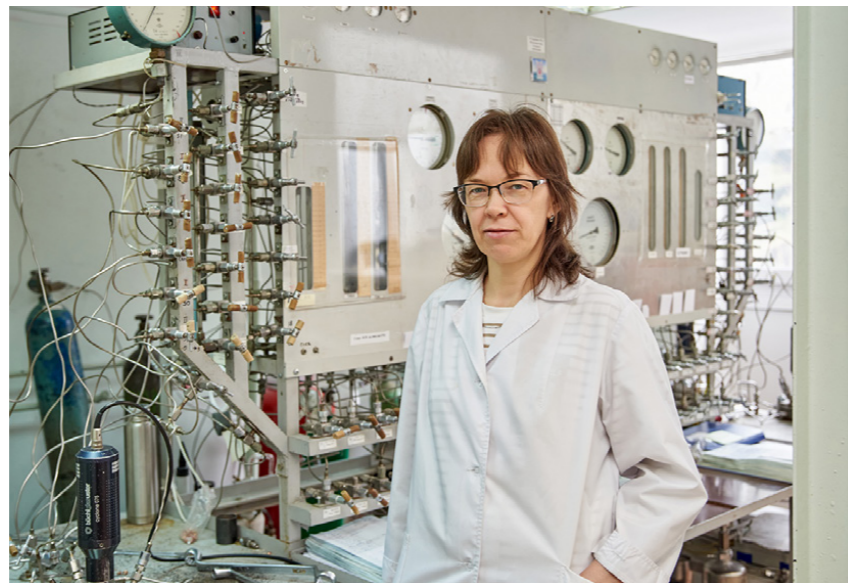
Используя различные физические методы\*\*, мы получили данные о молекулярной структуре этих полимеров. Для анализа молекулярно-массового распределения полиэтилена и для расчета кинетических параметров реакции переноса цепи успешно применили метод высокотемпературной гелепроникающей хроматографии.

**>> МЫ НЕ СОМНЕВАЛИСЬ, ЧТО СОЗДАДИМ НОВУЮ ТЕХНОЛОГИЮ, ПОЭТОМУ И РЕШИЛИ УЧАСТВОВАТЬ В КОНКУРСЕ ФОНДА**

\* Входит в состав компании «СКТБ Катализатор» (Новосибирск).

\*\* Инфракрасная спектроскопия и спектроскопия ядерного магнитного резонанса.

Мы получили также данные о составе и структуре ряда катализаторов и морфологии полиэтилена, который образуется на катализаторах. Благодаря совместному анализу этих данных сегодня мы располагаем более полной и точной информацией о структуре частиц пористого катализатора, их фрагментации в ходе полимеризации, о взаимосвязи структуры частиц со структурой исходного катализатора. Этот подход к установлению взаимосвязи между структурой частиц катализатора и кинетикой полимеризации, а также морфологией полимерных частиц мы будем использовать в нашем проекте.



Ведущий инженер Олеся Храмова работает на установке испытания катализаторов полимеризации. Источник: Юлия Позднякова / Наука в Сибири

**// Что теперь предстоит сделать вашему научному коллективу?**

Нас ждет большая работа. На первом этапе мы предложим рецептуры и методы приготовления новых, более эффективных модификаций катализаторов для промышленных газофазных и суспензионных процессов производства полиэтилена. Далее мы на уровне лабораторных экспериментов исследуем полученные катализаторы на работоспособность и эффективность.

Следующая задача — масштабирование лабораторных данных и наработка более крупных партий катализаторов. Этот этап мы проведем вместе с будущими производителем и потребителем этих катализаторов. Полученные результаты будут использованы при проектировании их производства.

**// В чем заключается сложность масштабирования? Есть ли у вас подобный опыт?**

Главная проблема здесь в том, что в реакторах большого объема изменяются гидродинамические условия протекания всех процессов, и в первую очередь — процессов теплопереноса и массопереноса. Это необходимо учитывать при получении катализаторов с требуемым различным размером частиц и пористой структурой. Еще одна сложность заключается в том, что при формировании катализатора в больших объемах нужно заниматься регенерацией сырья и утилизацией отходов.

Ранее масштабированием мы уже занимались. Первый опыт наша лаборатория получила еще в 1980–1990-е годы, когда работала над созданием промышленного производства катализатора Циглера-Натта для выпуска полипропилена.

А в 2018 году мы успешно выпустили и испытали опытно-промышленную партию одной из модификаций титан-магниевого катализатора для производства полиэтилена в России.

**// Чтобы произошел трансфер технологий, нужно наладить коммуникацию между наукой и бизнесом. Расскажите, как происходит такое общение на примере вашего проекта и в чем специфика этого сотрудничества.**



Директор ООО «Тинол» Валентин Никитин (слева) и профессор, главный научный сотрудник Института катализа СО РАН Владимир Захаров (справа). Источник: Юлия Позднякова

Трансфер произойдет, когда производители полиолефинов заинтересуются созданием и внедрением отечественных катализаторов, закупят опытные и опытно-промышленные установки для работы с ними.

Чтобы это случилось, российские катализаторы должны соответствовать уровню мировых образцов или превосходить их. Такой прорыв требует создания условий — финансовых, инфраструктурных и организационных.

форма сотрудничества оказалась неэффективной при создании отечественной технологии. Думаю, мы сможем более успешно реализовать НИОКР в рамках долгосрочных проектов с РФ. Они уже согласованы и поддержаны компанией «СИБУР» — будущим производителем катализаторов.

**>> ОЧЕНЬ ПРАВИЛЬНО, ЧТО РФ ОБЪЯВИЛ КОНКУРС НА РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ, ОСНОВАННЫХ НА РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Прежде для выполнения НИОКР разработчики катализаторов заключали краткосрочные договоры с производителями олефинов. К сожалению, эта

Очень правильно, что РФ объявил конкурс на решение прикладных задач, основанных на результатах научных исследований. Это подтолкнет бизнес к разработке инновационной продукции и обеспечит Россию технологическим суверенитетом в промышленном катализе. Важно, что Фонд оказывает стабильную финансовую поддержку ученым и помогает молодым сотрудникам оставаться в науке: все-таки материальная сторона в нашем деле играет большую роль.



Ведущий инженер Надежда Мозгунова работает на установке синтеза катализаторов. Юлия Позднякова / Наука в Сибири

Время жизни катализаторов в реакторах

ОТ НЕСКОЛЬКИХ ЧАСОВ

↓

ДО 10 ЛЕТ

—

5–6 трлн РУБ. В ГОД

объем российской продукции, производимой на основе катализаторов

// Поделитесь, пожалуйста, своей научной мечтой. Чего бы вам хотелось достичь в ближайшее десятилетие?

Я всю жизнь посвятила катализаторам полимеризации олефинов, их разработке и исследованию и мечтаю увидеть, как их начнут использовать в отечественном производстве полимеров. Верю, что это произойдет в ближайшие годы. Сочетание фундаментальных исследований с прикладными может и должно приносить пользу. Приятно осознавать, что твоя научная работа дает плоды и помогает людям!

## ОТРАСЛИ — ПОТРЕБИТЕЛИ КАТАЛИЗАТОРОВ



Нефтепереработка



Нефтехимия



Пищевая промышленность



Фармацевтика



Промышленная экология



ВЛАДИМИР

БУШКОВ

директор по развитию и инновациям ООО «СИБУР», член научно-технологического совета РФ

**КОНКУРСЫ РФ ПОЗВОЛЯЮТ ПОЛУЧИТЬ ГОСПОДДЕРЖКУ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ПРОДУКТОВ, ИМЕЮЩИХ СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**



«СИБУР» – одна из наиболее динамично развивающихся компаний в глобальной нефтегазохимии, российский лидер по производству полимеров и каучуков. Уникальная вертикально интегрированная бизнес-модель позволяет компании создавать высококонкурентную продукцию для многих секторов экономики по всему миру: строительства, пищевой промышленности, медицины и фармацевтики, сельского хозяйства, автомобилестроения и других.



комментарий эксперта

Важная задача «СИБУР» — разработка и масштабирование собственных технологий производства катализаторов, чья доступность играет ключевую роль для достижения технологической независимости страны. Конкурсы РФ позволяют получить господдержку для создания и внедрения продуктов, имеющих стратегическое значение. К 2030 году от доступности катализаторов будет зависеть ежегодный выпуск до 10 млн тонн базовых полимеров — полиэтилена и полипропилена. Механизмы поддержки фундаментальных и прикладных работ Фонда уникальны. Они обеспечивают гибкий подход к развитию партнерских отношений между бизнесом и наукой.

У нас грандиозные планы. В Тобольске строится Центр синтеза полиолефинов, в Казани — инновационный НИОКР-центр «СИБУР». Они позволят создать цепочку разработки, масштабирования и пилотных испытаний для локализации катализаторов синтеза полиолефинов, а также разработки их новых поколений. Наша цель — построить промышленные мощности, способные производить всю номенклатуру катализаторов для базовых полимеров. Мы планируем представлять в РФ другие проекты для достижения амбициозной задачи — выхода на полное самообеспечение специальными катализаторами для нефтехимии к 2030 году.



## МНЕНИЕ

ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ ФОНДА  
О ТРЕНДАХ В НАУКЕ

//

С 2023 года Фонд запустил новое направление деятельности — поддержку опытно-конструкторских и технологических работ, опытно-конструкторских разработок. Выпуски дайджеста в 2024 году посвящены тематическим направлениям этих проектов. В первом номере поднимаются вопросы каталитической химии. Если в интервью [ → стр. 34 ] грантополучатели говорят о прикладных исследованиях катализаторов, а также о механизме взаимодействия с бизнесом, то в разделе «Мнение» ученые рассказывают о фундаментальной работе: проблемах и перспективах каталитической химии.

2024 ГОД

//

ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ-МАРТ

/

РАЗДЕЛ #4

МНЕНИЕ > КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



## КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Сегодня около 90% объема современного химического производства основано на каталитических реакциях. Катализаторы ускоряют процессы получения новых материалов и широко используются при переработке нефти, производстве полимеров и превращении низкосортного сырья в высокоценные продукты. Кроме того, катализаторы помогают человечеству достигать целей устойчивого развития: например, улавливать парниковые газы и разрабатывать безотходные и малоотходные химические технологии.

За последние два столетия химики разработали множество катализаторов. Большинство из них представляют собой соединения различных металлов, в том числе редкоземельных и благородных, среди которых золото, платина, палладий и родий. Однако такие катализаторы дорогие и токсичные, поэтому ученые ищут альтернативные подходы для ускорения реакций.

В нашем материале вместе с грантополучателями Фонда мы рассмотрели несколько видов катализа, которые объединены общей целью: изучением и созданием эффективных, а значит, селективных, стабильных, экологических и дешевых катализаторов для российской промышленности.

# ФОТОКАТАЛИЗ

Фотокатализ недаром называют зеленой технологией: для запуска химических реакций он использует видимый свет, что делает его более экологически чистым по сравнению с традиционными химическими процессами. При этом спектр применения фотокатализаторов достаточно широк:

с их помощью можно очищать воду и воздух от загрязнителей, более эффективно получать вещества для фармацевтики и других отраслей, а также разлагать органические отходы. Несмотря на ограничения, которые пока что связаны с недостаточно высокой эффективностью процесса и, как следствие, высокой стоимостью производства конечного продукта, сегодня это направление активно развивается. Ученые совершенствуют фотокатализаторы, повышая их активность, селективность, создавая гибридные материалы с фотокаталитическими свойствами, а также оптимизируя условия реакций.



### ВИДИМЫЙ СВЕТ — ЭТО ОЧЕНЬ ДОСТУПНЫЙ И ДЕШЕВЫЙ РЕСУРС

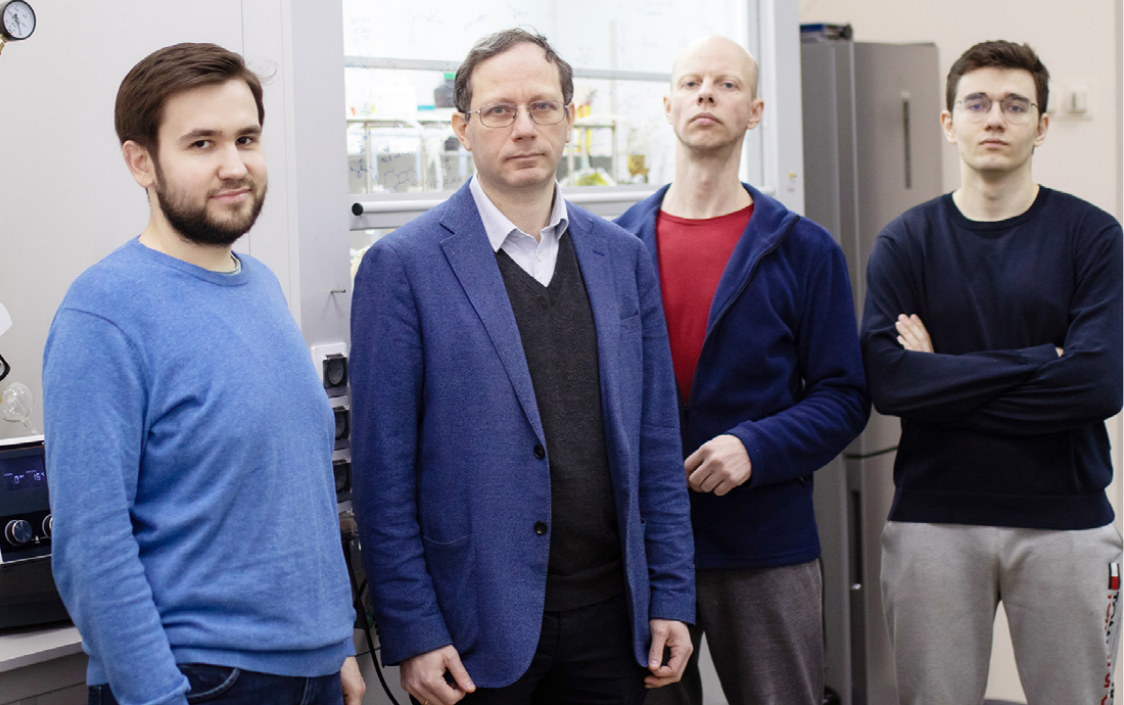


АЛЕКСАНДР  
ДИЛЬМАН

член-корреспондент РАН, доктор химических наук, заместитель директора по научной работе Института органической химии имени Н. Д. Зелинского РАН

В 2008 году в органической химии появилось новое направление — фотокатализ под воздействием видимого света. Дело в том, что обычные органические соединения совершенно прозрачны для видимого излучения, то есть не поглощают или не рассеивают свет в видимом спектре. Значит, они могут быть малочувствительны к реакциям, требующим света как источника активности. Однако за последние 15 лет появились катализаторы и условия, которые позволяют преодолеть это ограничение. И поскольку видимый свет — это доступный и дешевый ресурс (речь не только о солнечном свете, но и о светодиодных лампах), фотокатализ стал очень популярен во всем мире.





Группа исследователей.  
Источник: Александр Дильман

Преимущество фотокатализа заключается в том, что он позволяет реализовать процессы с высокой степенью селективности. Кроме того, реакция протекает очень гладко, мягко и при комнатной температуре. Благодаря этому существенно снизились затраты на получение органических веществ, а органические вещества — это основа химической индустрии.

Фотокатализ очень хорошо сочетается с таким модным промышленным направлением, как flow chemistry — химия в проточных реакторах, позволяя максимально использовать энергию света для активации катализатора. Это особенно актуально для малотоннажной химии, которая часто используется в фармацевтической отрасли, агрохимии, микроэлектронике и других сферах.

Благодаря фотокатализу многие вещества получать станет проще и дешевле. Он пока не вышел на уровень масштабных производств, но это вопрос самого ближайшего будущего.

Если говорить о фундаментальной науке, фотокатализ позволит более эффективно использовать углеводородное сырье. Кроме того, сегодня ученые развивают перспективное направление — возбуждение одной и той же молекулы катализатора с помощью нескольких квантов света. Если они добьются успеха, это увеличит скорость реакции и выход продукта и, соответственно, существенно расширит область применения фотокаталитических систем.

В проекте совместно с научной группой из Шанхайского института органической химии мы занимаемся фторорганической химией. Наши ученые разработали метод, который позволяет селективно вводить в органические молекулы фторсодержащий фрагмент в каталитических условиях под воздействием синего света. Это крайне актуальная задача, поскольку фтор довольно широко применяется в медицинской химии. Он есть в действующем веществе многих лекарств, так как введение одного или нескольких атомов фтора в органическую молекулу существенно повышает биологическую активность соединений. “



## «СВЯТОЙ ГРААЛЬ» ЭТОЙ ОБЛАСТИ ХИМИИ ЕЩЕ НЕ НАЙДЕН



МАРИЯ  
КАЛИНИНА

доктор химических наук,  
профессор, ведущий научный  
сотрудник лаборатории  
биоэлектрохимии ИФХЭ имени  
А. Н. Фрумкина РАН

” Фотокатализ — это процесс, который использует энергию света для запуска химических реакций. Идеальный вариант, к которому стремятся все, — солнечный свет, поскольку энергия Солнца достается нам практически бесплатно. В перспективе благодаря фотокатализу мы сможем уменьшить антропогенную нагрузку, которую современная химическая промышленность оказывает на окружающую среду. И при этом не снизить эффективность отрасли.

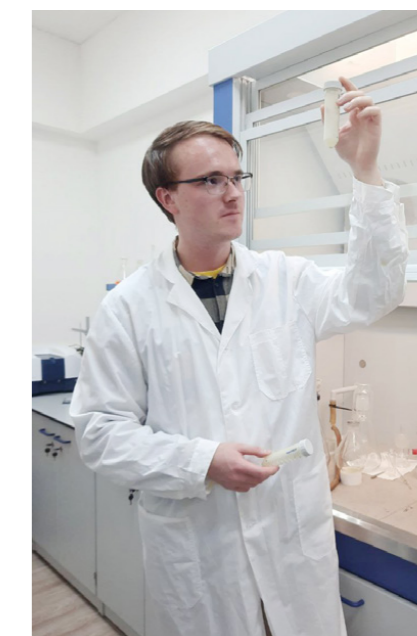
в процессах воды — самого чистого из всех известных растворителей. Такие методики смогут соперничать по эффективности с технологиями на основе энергии ископаемого топлива, а также устранить накопленный от них вред. Фотокатализ — это процесс-янус. Мы можем использовать его как для синтеза химических соединений, например для фармацевтики, так и для разрушения органических веществ, например для очищения воды от токсичных загрязнителей.

» **БЛАГОДАРЯ ФОТОКАТАЛИЗУ МНОГИЕ ВЕЩЕСТВА ПОЛУЧАТЬ СТАНЕТ ПРОЩЕ И ДЕШЕВЛЕ. ОН ПОКА НЕ ВЫШЕЛ НА УРОВЕНЬ МАСШТАБНЫХ ПРОИЗВОДСТВ, НО ЭТО ВОПРОС САМОГО БЛИЖАЙШЕГО БУДУЩЕГО**

» **МЫ МОЖЕМ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ФОТОКАТАЛИЗ КАК ДЛЯ СИНТЕЗА ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, ТАК И ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, НАПРИМЕР ДЛЯ ОЧИЩЕНИЯ ВОДЫ ОТ ТОКСИЧНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ**

Последнее особенно важно, поскольку численность населения Земли не позволяет нам вернуться к технологиям прошлого и снизить объем производства.

На основе фотокатализа мы сможем создать более экологичные химические технологии, в том числе за счет использования



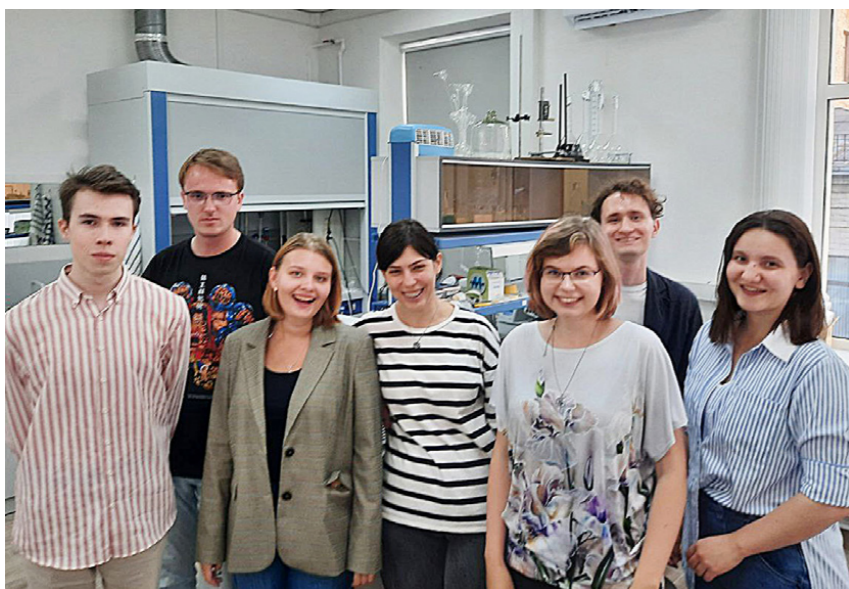
Работа с гибридным катализатором на основе сульфида молибдена и порфирина цинка. Источник: Ольга Макарова



Новые фторированные реагенты для органического синтеза



Фотокатализ в реакциях образования связей углерод-металл и углерод-углерод



Сотрудники лаборатории биоэлектрохимии ИФХЭ имени А. Н. Фрумкина РАН. Источник: Ольга Макарова

**>> МОЖНО УВЕРЕННО ПРОГНОЗИРОВАТЬ, ЧТО У МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ БОЛЬШОЕ БУДУЩЕЕ**

К сожалению, пока что фотокатализаторы стоят дорого, и «святой Грааль» этой области химии, который обеспечил бы их широкое внедрение, еще не найден. Все дешевые и доступные порошковые фотокатализаторы, например на основе диоксида титана, не очень эффективны, а их модификация приводит к существенному удорожанию.

Наша научная группа разрабатывает гибридные функциональные материалы, в том числе и для фотокатализа. Гибриды — это материалы, которые сочетают в себе органические и неорганические компоненты, благодаря чему химии добиваются синергии (совместной работы) их свойств. Это позволяет «обучить» один и тот же материал выполнять разные задачи: например, в отсутствие света гибрид может работать эффективным катализатором для синтеза, а при воздействии освещения — очищать реакционную смесь от побочных продуктов, образованных на предыдущем этапе. Можно уверенно прогнозировать, что у таких мультиматериалов большое будущее. Сейчас мы стремимся создать материалы, которые могли бы переключаться между режимами работы эффективного фотокатализатора как для синтеза, так и для деструкции органических соединений, и одновременно могли бы работать как биомиметики.

Эти наноматериалы имитируют работу биологических систем и соединений, в частности, природных катализаторов-ферментов.

**>> ПРОРЫВ В РЕШЕНИИ ЭТОЙ ЗАДАЧИ, СКОРЕЕ ВСЕГО, БУДЕТ СВЯЗАН С РАЗВИТИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, СПОСОБНОГО ОБРАБАТЫВАТЬ БОЛЬШИЕ ОБЪЕМЫ ДАННЫХ**

Новизна нашей работы заключается и в том, что для создания гибридных материалов мы используем комбинаторный подход: то есть с помощью одного и того же набора слабых нековалентных взаимодействий мы собираем разные сочетания органических и неорганических компонентов таким образом, чтобы их взаимоотношения в материале были предсказуемы. До нас в мире этого никто не делал. Во многом это связано с тем, что на сегодняшний день еще не разработана полноценная теория синергии гибридных материалов, которая позволяла бы предсказать их конечные свойства, зная сочетание компонентов — особенно если их больше двух. Прорыв в решении этой задачи, скорее всего, будет связан с развитием искусственного интеллекта, способного обрабатывать большие объемы данных. “



Супрамолекулярные мультимодальные гибридные системы для биомиметического катализа и фотокатализа



**КАТАЛИЗАТОР**



Удаление растворителя из гибридных катализаторов с помощью лиофильной сушки. Источник: Ольга Макарова



Исследование гибридного материала с помощью визуализирующего эллипсометра. Источник: Ольга Макарова

**Е**сли предприятию необходимо получить сложные соединения — красители, гербициды или лекарства, химики прибегают к гомогенному катализу. В этом случае вещества, подвергающиеся химическим превращениям, и катализатор находятся вместе в одном растворе. Зачастую такие катализаторы содержат соединения металлов, а катализ называется металлокомплексным. Сегодня исследователи подбирают различные методы активации катализатора и меняют окружение металла, чтобы повысить стабильность и избирательность системы.



## ЭФФЕКТИВНЫЕ ОДНОКОМПОНЕНТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ — КЛЮЧ К ПОЛУЧЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ



**ЕВГЕНИЯ  
БЕРМЕШЕВА**

кандидат химических наук,  
ведущий научный сотрудник  
Института нефтехимического  
синтеза имени А. В. Топчиева РАН

” Настоящее время — это век полимеров. Они становятся базовыми материалами как в повседневной жизни, так и во многих высокотехнологичных областях, к примеру, материалы для оптоэлектроники, обладающие высокой прозрачностью. Поэтому разработка новых полимеров и упрощение подходов к получению уже существующих так важны для синтеза современных материалов.

Краеугольным камнем в разработке полимеров являются каталитические системы. Катализатор — это своего рода конструктор. Мы можем управлять им (менять детали, их сочетание), чтобы получить полимер с нужными свойствами. В свою очередь, дизайн катализаторов должен отвечать целому ряду условий. Наряду с универсальностью, высокой активностью и селективностью\* необходимо обеспечить толерантность к функциональным группам.

\* Селективность — способность в процессе реакции затрагивать только определенную группу веществ.



Развитие каталитических систем на основе N-гетероциклических карбеновых Pd-комплексов

**>> КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЮТСЯ КРАЕУГОЛЬНЫМ КАМНЕМ В РАЗРАБОТКЕ ПОЛИМЕРОВ**

Кроме того, желательно, чтобы катализатор не требовал сложных условий работы и был однокомпонентным. Соблюсти все эти критерии крайне сложно.

При создании новых материалов важен вопрос выбора природы мономера или класса мономеров — своего рода строительных блоков для полимера. Особенно перспективными представляются напряженные циклические мономеры, содержащие двойную связь в цикле. Из одного такого мономера можно получить несколько абсолютно разных полимеров. Здесь все определяет механизм полимеризации: то, в какие звенья мы соберем наши детали.

Наиболее распространены два механизма полимеризации этих мономеров: аддитивный и метатезисный. Второй путь достаточно изучен, поэтому метатезисные полимеры уже нашли широкое применение и производятся под известными торговыми марками. Для полимеризации аддитивного типа, которой посвящен наш проект, нет эффективных катализаторов и доказанного механизма ее протекания. Из-за сложности получения применение этих полимеров ограничено. В ближайшем будущем нам хотелось бы устранить это, создав промышленно доступный катализатор. Сегодня для получения аддитивных полимеров используются каталитические системы из нескольких компонентов. Это осложняет процесс, так как необходимо точно приготовить смесь и учесть особенности работы с каждым ее компонентом.

Начиная с 1970-х годов химики предприняли большое количество попыток создания однокомпонентного катализатора аддитивной полимеризации циклических углеводородных мономеров. Наиболее удачные — это катализаторы Риссе, Гудла, Новака, Эспинет, Альбениц, частично обладающие вышеупомянутыми свойствами.

В рамках проекта РФФ наибольших успехов мы достигли в создании катализаторов для полимеризации циклоолефинов. Нам впервые удалось получить однокомпонентный доступный катализатор полимеризации разнообразных производных норборнена. Катализатор обладает рядом преимуществ в сравнении с аналогами: он стабилен на воздухе и при нагревании, толерантен к функциональным группам мономера, при этом сохраняет высокую активность и селективность.



Работа с линией Шленка.  
Источник:  
Евгения Бермешева



Работа в главбоксе с нестабильными на воздухе веществами в инертной среде. Источник: Евгения Бермешева

И самое главное — способен проводить «живую» полимеризацию, что обеспечивает контроль над структурой и свойствами материала. В результате мы получаем термо- и хемотростабильные полимеры с высокой прозрачностью и рядом других привлекательных свойств.

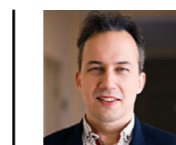
**>> НАМ ВПЕРВЫЕ УДАЛОСЬ ПОЛУЧИТЬ ОДНОКОМПОНЕНТНЫЙ КАТАЛИЗАТОР ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРОИЗВОДНЫХ НОРБОРНЕНА, СПОСОБНЫЙ ОСТАВАТЬСЯ СТАБИЛЬНЫМ НА ВОЗДУХЕ И СОХРАНЯТЬ ВЫСОКУЮ АКТИВНОСТЬ**

Разработка этих катализаторов позволит в ближайшее время получать новые материалы для оптоэлектроники, мембран для газоразделения, защитной упаковки лекарственных препаратов, а также материалы с низкой диэлектрической проницаемостью и полимеры для различных областей. “



## ЧТОБЫ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, НУЖНО УСТАНОВИТЬ ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ДАННЫХ

” Область каталитической химии за последние годы претерпела значительные изменения. Они вызваны несколькими ключевыми факторами. Во-первых, химики широко внедряют нетрадиционные методы активации реакций, такие как фотокатализ и электрокатализ, что расширило набор доступных превра-



**ДМИТРИЙ ПЕРЕКАЛИН**

доктор химических наук, заведующий лабораторией функциональных элементоорганических соединений Института элементоорганических соединений имени А. Н. Несмеянова

щений. Во-вторых, произошел приток квалифицированных исследователей из Индии и Китая, что привело к накоплению огромного количества данных. Однако это избытие информации теперь требует внимательного анализа для понимания закономерностей.



Получение ЯМР-спектра продукта реакции. Источник: Дмитрий Перекалин

Для развития катализа не следует полагаться на слепой экспериментальный перебор условий — лучше использовать инструменты прогнозирования, позволяющие оптимизировать химические реакции. Хотя есть сильное желание использовать искусственный интеллект (ИИ), сегодня его возможности в анализе каталитических реакций ограничены. Отчасти потому, что нет надежных и единообразных дан-

ных, которые алгоритмы ИИ смогут эффективно обрабатывать. Дело в том, что ученые используют различные подходы, и определенные важные показатели могут не всегда отражаться в опубликованных статьях. В будущем эту проблему можно решить, установив единые требования к представлению данных в научном сообществе и журналах.

В то же время наблюдается положительная тенденция к широкому использованию квантово-механических расчетов. Этот вычислительный подход упрощает работу химиков, позволяя исключить бесперспективные направления и тем самым сэкономить ресурсы.

Наша исследовательская группа уже давно использует такие расчеты для выбора оптимальных структур катализаторов и прогнозирования их поведения в реакции.

Большинство веществ вокруг нас содержат связи углерод-водород. Чтобы придать этим веществам желаемые свойства, такие связи часто необходимо преобразовать в другие. Этот процесс можно облегчить с помощью металлических катализаторов. Однако по мере увеличения сложности молекулы становится все труднее превращать связи углерод-водород селективно, без разрушения существующей структуры. Эта проблема особенно актуальна в сфере малотоннажной химии — при производстве умных полимеров, красителей, гербицидов и душистых веществ.

**>> КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ УПРОЩАЮТ РАБОТУ ХИМИКОВ, ПОЗВОЛЯЯ ИСКЛЮЧИТЬ БЕСПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕМ САМЫМ СЭКОНОМИТЬ РЕСУРСЫ**

Традиционно для селективного катализа химики используют комплексы металлов с фосфорными лигандами, однако они не подходят для многих реакций. Наша группа разрабатывает катализаторы с альтернативными типами лигандов, которые позволяют активировать углерод-водородные связи в мягких условиях и расширяют возможности для синтеза сложных молекул с ценными свойствами. “



Комплексы платиновых металлов с циклическими пи-лигандами как селективные катализаторы функционализации связей элемент-водород

## МЫ РАЗРАБАТЫВАЕМ КАТАЛИЗАТОРЫ ПО ПРИНЦИПАМ ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ



**ВИКТОР  
ЧЕРНЫШЕВ**

доктор химических наук, главный научный сотрудник Южно-Российского государственного политехнического университета имени М. И. Платова

**>> СЕЙЧАС АКТИВНО СОЗДАЮТ ОРГАНОКАТАЛИЗАТОРЫ — СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ МОЛЕКУЛЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ОТКАЗЫВАТЬСЯ ОТ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СОХРАНИТЬ ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**



Ионизирующиеся C- и N-донорные лиганды для металлокомплексного катализа



Новые методы разделения и каталитической трансформации биополимеров лигноцеллюлозы в востребованные химические соединения

Основная сфера наших исследований — металлокомплексный катализ. Эта область очень широка и востребована в промышленности. Одно из наиболее передовых направлений ее развития сегодня — это использование света в каталитических процессах. В частности, развиваются такие направления, как фоторедокс-металлокомплексный катализ и фотоиндуцированный металлокомплексный катализ. В первом случае в реакции находится два катализатора: металлокомплексный и фотокатализатор.

Фотокатализатор поглощает свет и передает его энергию металлокомплексному катализатору. Во втором случае металлокомплексный катализатор сам поглощает свет и переходит в активное состояние.

Есть и другие важные тенденции. С одной стороны, идет переход от благородных, то есть редких и дорогих металлов, в первую очередь палладия, к более доступ-

ным и дешевым — никелю, железу, меди и кобальту. Не всегда такой путь дает большие преимущества, поскольку палладиевые катализаторы очень хорошо зарекомендовали себя в разных сферах: от производства лекарств до очистки выхлопных газов автомобилей. С другой стороны, сейчас активно создают органокомплексные катализаторы — специальные органические молекулы, позволяющие отказываться от токсичных металлов и сохранить окружающую среду.



Аспирант Вадим Кутырев за работой на рентгеновском дифрактометре. Источник: Виктор Чернышев



Аспирант Ирина Гнатюк за работой на спектрометре ядерного магнитного резонанса. Источник: Виктор Чернышев

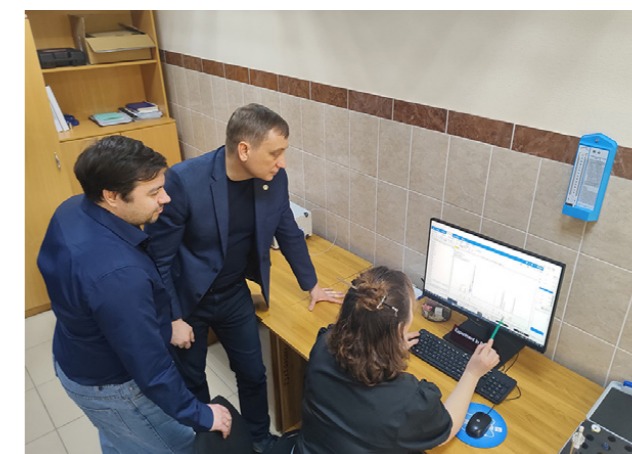
пливо. Дело в том, что целлюлоза и лигнин в большом количестве содержатся в отходах сельского хозяйства и лесопереработки и считаются перспективными возобновляемыми источниками сырья для производства топлива и различных материалов. Эти биополимеры неслучайно являются основой клеток растений,

**>> МЫ ИЩЕМ НОВЫЕ СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ КАТАЛИЗАТОРОВ, ЧТОБЫ ПОВЫСИТЬ АКТИВНОСТЬ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ КАТАЛИЗАТОРА НА ОПРЕДЕЛЕННЫХ СТАДИЯХ РЕАКЦИИ**

поскольку очень устойчивы к химическим воздействиям. Для их переработки могут использоваться различные каталитические процессы, но многие обычные катализаторы недостаточно эффективны и быстро разрушаются.

Принципы зеленой химии распространяются не только на катализаторы, но и на материалы, которые катализатор помогает изменять. Например, десять лет назад предполагалось, что роль растительного сырья в химической технологии сильно вырастет. Однако пока этого не случилось. Видимо, классическое ископаемое сырье будет еще долго составлять основу экономики, хотя его доля станет постепенно падать, уступая место альтернативным источникам. Сегодня наряду с другими научными группами мы работаем над тем, чтобы решить серьезную проблему на пути к этому будущему: научиться эффективно превращать целлюлозу и лигнин в химические реагенты и то-

В металлокомплексных катализаторах у металла есть окружение — лиганды, без которых многие сложные реакции просто не идут. Мы разрабатываем новые лиганды, позволяющие получать более стабильные катализаторы, в том числе для каталитической переработки лигнина и целлюлозы.



Обсуждение спектра синтезированного вещества в лаборатории ядерного магнитного резонанса. Источник: Виктор Чернышев



Команда исследователей.  
Источник: Виктор Чернышев

Также мы ищем новые способы управления свойствами катализаторов — например, учимся целенаправленно изменять заряд на лиганде, чтобы повысить активность и избирательность катализатора на определенных стадиях реакции.

Эти исследования могут найти применение и в фармацевтической промышленности. Благодаря предложенным катализаторам удалось найти новые, более эффективные схемы синтеза ряда лекарственных препаратов, они уже могут использоваться в медицинской химии для разработки лекарств. “



СОДЕРЖАНИЕ

# ЭТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ

**Г**етерогенный катализ — основа химических промышленных технологий и энергетики. Катализаторы этого типа помогают в производстве продуктов химического синтеза, а также процессах дегазации, расщеплении воды или аммиака для получения зеленого водорода. Если при гомогенной реакции катализаторы и продукты принадлежат одной фазе, то в гетерогенном катализе они отличаются: обычно это твердофазные катализаторы и газообразные или жидкие реагенты. Ученые исследуют структуру катализаторов, ищут наиболее эффективные комбинации компонентов в каталитических системах, работают над их усовершенствованием, чтобы предложить промышленности более доступные, стабильные и простые в использовании разработки.

Если при гомогенной реакции катализаторы и продукты принадлежат одной фазе, то в гетерогенном катализе они отличаются: обычно это твердофазные катализаторы и газообразные или жидкие реагенты. Ученые исследуют структуру катализаторов, ищут наиболее эффективные комбинации компонентов в каталитических системах, работают над их усовершенствованием, чтобы предложить промышленности более доступные, стабильные и простые в использовании разработки.



## МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ПОМОГУТ ОБЕЗВРЕДИТЬ ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ ЛУЧШЕ ПЛАТИНОВЫХ



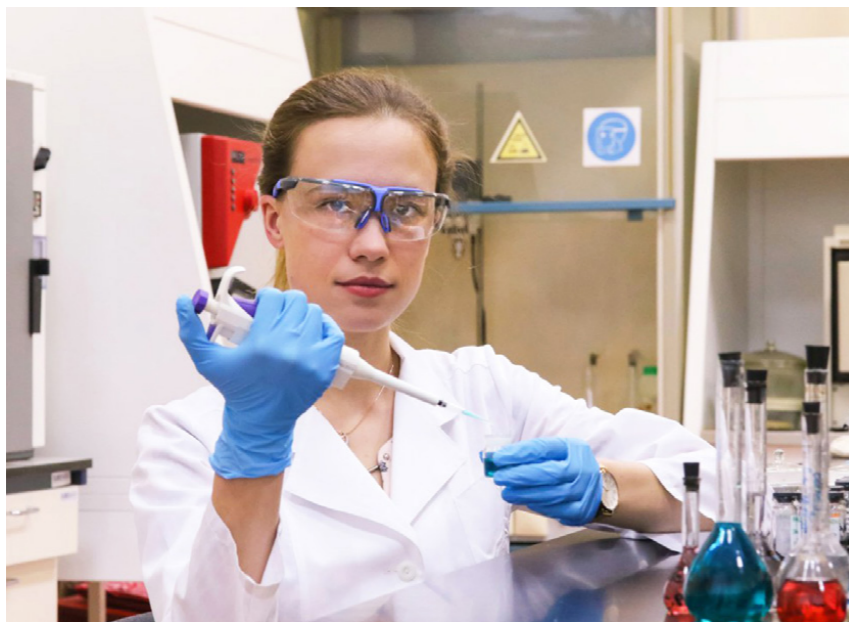
ОЛЬГА  
БУЛАВЧЕНКО

кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник  
Института катализа СО РАН

” Неуклонный рост промышленного производства и количества автотранспорта увеличивает объем вредных веществ, поступающих в атмосферу. Наиболее токсичные и опасные для здоровья человека вещества — летучие органические соединения и монооксид углерода. Среди разнообразных технологий обезвреживания выбросов популярным способом является каталитическое окисление до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Использование катализатора повы-

шает эффективность удаления вредных веществ при уменьшении энергетических затрат за счет понижения температуры, необходимой для полного окисления.

В настоящее время предлагаемые катализаторы дожигания, как правило, содержат благородные металлы (золото, серебро, платину и палладий) и обладают высокой стоимостью.



Источник: Наталья Леонтьева, пресс-служба ИК СО РАН

**>> ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ, НАД КОТОРЫМ МЫ РАБОТАЕМ ПО ГРАНТУ РНФ, — СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЛИ ИХ ПОЛНАЯ ЗАМЕНА ОКСИДАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Одно из направлений усовершенствования катализаторов нейтрализации выбросов, над которым мы работаем по гранту РНФ, — снижение содержания драгоценных металлов или их полная замена оксидами переходных металлов.

Несмотря на то что оксиды переходных металлов обладают сравнительно меньшей активностью, их неоспоримые преимущества заключаются в низкой стоимости, устойчивости к присутствию в реакционном потоке каталитических ядов, длительном сроке службы, возможности

регенерации и доступности широкого ряда простых и смешанных оксидов. Это делает поиск эффективного, стабильного, безопасного и экономически оправданного катализатора полного окисления актуальной задачей для ученых. Одной из перспективных систем являются марганецсодержащие оксиды. Существуют различные подходы к созданию таких катализаторов,

они простираются от синтеза специальных наночастиц оксида марганца до использования сложных композитных материалов.

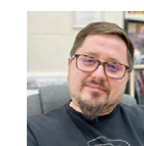
Наш проект посвящен разработке и исследованию катализаторов на основе двойных, тройных и четверных систем, содержащих такие элементы как марганец, кобальт, медь, церий и цирконий. Подбор оптимальных соотношений между компонентами и условий синтеза показал, что взаимодействие Mn-Se-

Zr оксидов приводит к улучшению эффективности катализаторов и термической стабильности за счет синергетического эффекта. И, вопреки распространенному мнению, мы выяснили, что природа данного эффекта связана не с созданием совместного соединения, а с его расслоением. В результате на поверхности катализатора формируются высокоактивные каталитические центры. Идея проекта связана с увеличением активности катализатора при расслоении твердого раствора.

Разработанные нами катализаторы смогут найти успешное применение в процессах сжигания оксида углерода и летучих органических соединений при относительно небольших температурах, что принесет положительный экономический и экологический эффект. “



## ПЛАЗМОННЫЙ КАТАЛИЗ — НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ, СПОСОБНОЕ ВЫВЕСТИ ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ



**ПАВЕЛ ПОСТНИКОВ**

доктор химических наук, профессор, заведующий международной лабораторией «Невалентные взаимодействия в химии материалов» Томского политехнического университета

” Считается, что гетерогенные катализаторы менее активны, нежели гомогенные, то есть растворимые. Этот факт лежит в основе ряда работ, призванных увеличить активность катализаторов данного типа, например, для исследований академика РАН Валентина Ананикова, уже ставших классическими.

Проект посвящен новому типу каталитических систем — плазмон-активным материалам. Один из значимых результатов нашей работы — это плазмон-активный катализатор, представляющий собой пористую металлическую пену, на которую нанесен тонкий слой пористого серебра.

**>> ПРЕДЛОЖЕННАЯ НАМИ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА БУДЕТ ДОСТУПНОЙ, А ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГКО МАСШТАБИРУЕМОЙ**

Материал обладает высокой удельной поверхностью. Кроме того, это уже не просто наночастица, а 3D-объект: физически осязаемая пластина, которую можно брать руками, погружать в реакционную массу и так далее. Предложенная каталитическая система будет доступной, а технология легко масштабируемой.

Химия плазмона — молодая и весьма динамичная область на стыке физики и химии, ей всего десять лет, в России же эта сфера развивается не более пяти лет. Буквально недавно ученые открыли феномен:



Аспирант Дмитрий Коголев за работой. Источник: личный архив исследователя



Расслоение твердых растворов как путь к созданию эффективных Mn-содержащих катализаторов окисления CO и углеводов



Кандидат химических наук Дарья Воткина в процессе выполнения экспериментов. Источник: пресс-служба ТПУ

**>> МЫ СМОЖЕМ ЭФФЕКТИВНО РАЗРУШИТЬ ПЕСТИЦИДЫ С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМОННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЯ ЛИШЬ ЭНЕРГИЮ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА**

возбуждение плазмонного резонанса на поверхности наноразмерных материалов на основе благородных металлов, в частности золота и серебра, способно активировать целый ряд химических превращений.

Важно отметить, что для возбуждения плазмонного резонанса — чтобы фотон заставил колебаться «море» электронов внутри наночастицы — нам нужен солнечный свет, а не ультрафиолет или другие высокоэнергетические источники.

Почему это интересно? Представьте, что у нас есть некий водоем или почва, загрязненная химикатами. Мы сможем эффективно разрушить пестициды с помощью плазмонных катализаторов, используя лишь энергию солнечного света. Дополнительных источников энергии не потребуется, достаточно просто солнечного дня. Плазмонный резонанс — многообещающая находка для защиты природы, которая применима для дегазации и обезвреживания химических отходов.

На мой взгляд, плазмонный катализ — перспективный метод, способный вывести химические технологии на новый уровень. Для этого необходимы описания механизмов превращений. Например, мы обнаружили, что классическая модельная реакция для исследования плазмонного катализа не всегда идет так, как представлялось исследователям. Наша первоочередная задача — выяснить, как проходят процессы, описать их механизмы, учитывая химическую природу и физические аспекты возбуждения плазмонного резонанса.

В ближайшие несколько лет стоит ожидать серьезных междисциплинарных результатов в данной области. Мы можем получить новое поколение активных катализаторов и новые процессы, невозможные без использования плазмонного резонанса. “



Плазмон-индуцируемые превращения органических веществ: от фундаментальных основ к практическому использованию





• • // **ФОТОРЕПОРТАЖ**

ФОТОИСТОРИИ ИЗ НАУЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ  
ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛЕЙ ФОНДА

2024 ГОД  
//  
ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ-МАРТ  
/  
РАЗДЕЛ #4  
ФОТОРЕПОРТАЖ > ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОКОМ-  
ПЛЕКСНЫХ И НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ



Изобретение катализаторов стало настоящим прорывом в химии. Реакции, которые раньше были невозможны, теперь рутинно используются в производстве, а процессы, длившиеся недели, сегодня протекают за час.



Ученые описывают сложнейшие системы на разных уровнях молекулярной сложности: от превращения веществ в колбах до исследования отдельных соединений на молекулярном уровне

Фоторепортаж

## ЛАБОРАТОРИЯ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫХ И НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

**В** Лаборатории металлокомплексных и наноразмерных катализаторов Института органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН ученые разрабатывают высокоактивные катализаторы нового поколения, а также исследуют механизмы химических реакций. Последнее нужно для того, чтобы понимать, как сделать процессы получения полезных для человека продуктов наиболее эффективными.





В лаборатории традиционно занимаются наноразмерными катализаторами и катализаторами на основе переходных металлов. Нанокатализаторы состоят из крошечных частиц и выгодно отличаются от своих более крупных «собратьев», проявляя по сравнению с ними повышенную активность. А катализаторы на основе переходных металлов имеют широкий спектр применения — от производства материалов до фармацевтики.



ФОТОРЕАКТОР

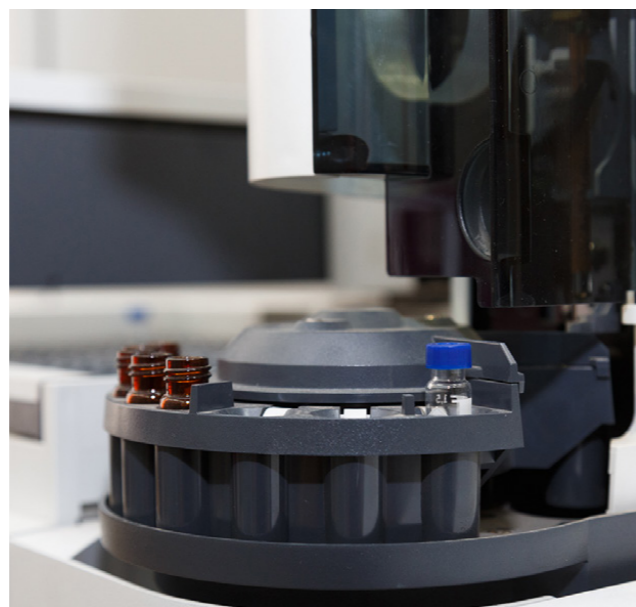
➤ В ЛАБОРАТОРИИ ТРАДИЦИОННО ЗАНИМАЮТСЯ  
НАНОРАЗМЕРНЫМИ КАТАЛИЗАТОРАМИ  
И КАТАЛИЗАТОРАМИ НА ОСНОВЕ  
ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Недавно в лаборатории появилось еще одно направление — фотокатализаторы. Эти вещества улавливают энергию света и направляют ее на то, чтобы запускать химические реакции.





Прежде чем начать разработку катализатора, необходимо понять механизм реакции, которую нужно «улучшить». Для этого химики должны изучить промежуточные и конечные продукты реакции.



Газовый хроматограф для изучения летучих соединений

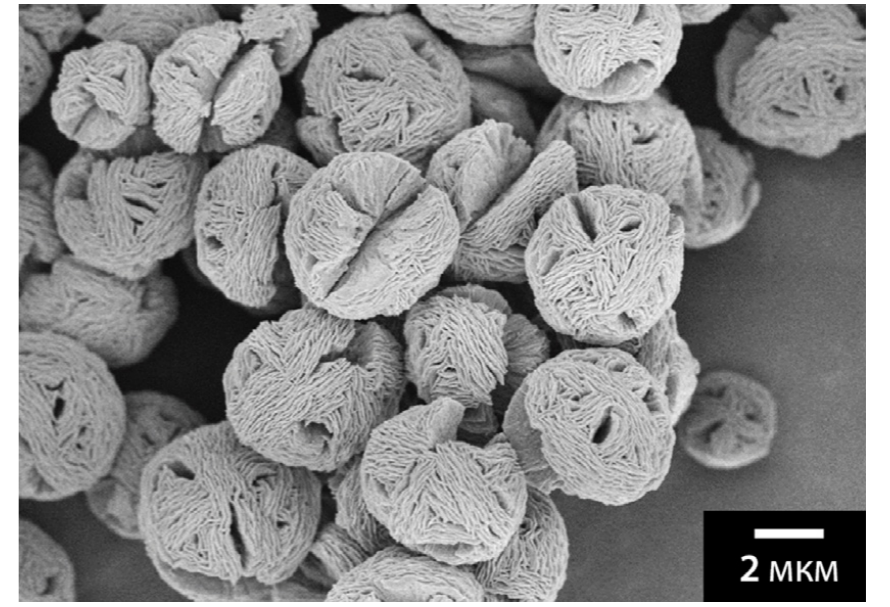
В изучении химических реакций помогает колоночная хроматография. Пропуская вещество через колонку, ученые разделяют реакцию на компоненты на основе их химических свойств и дальше исследуют их.





НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ БЕЗ ЗАПИСИ

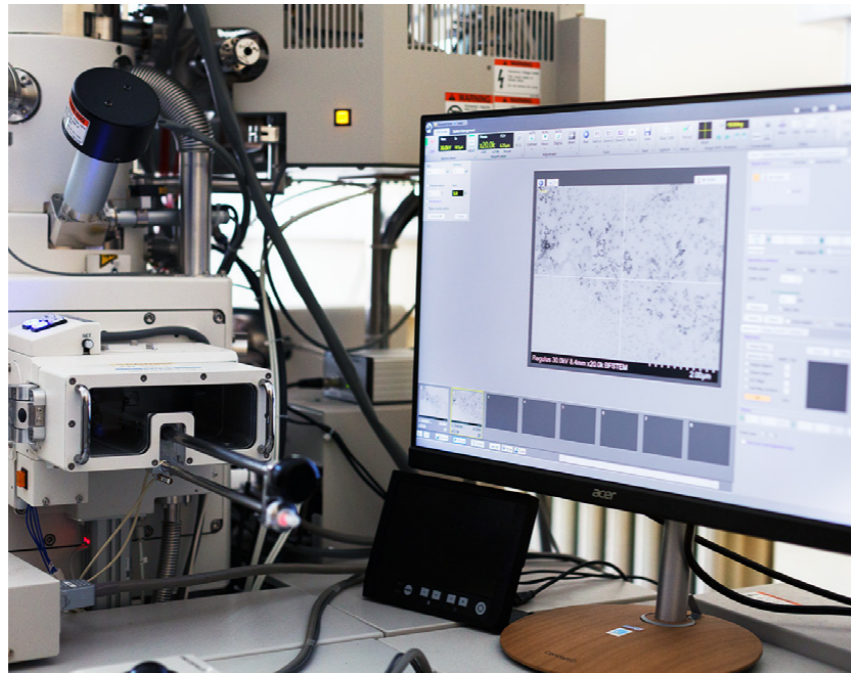
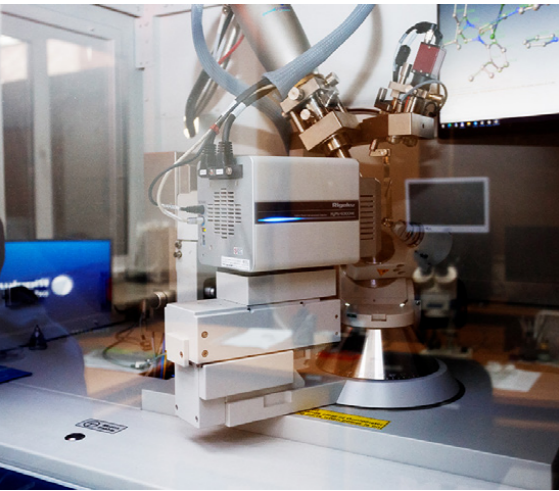
Метод колоночной хроматографии также позволяет определить качество катализатора: насколько хорошо он работает и какие побочные продукты образуются в реакции.



Функционированный тиофенолят никеля – катализатор для реакций получения сераорганических соединений

Колоночная хроматография, необходимая в анализе органических соединений





Современные катализаторы работают не только на уровне молекул, но и в масштабах отдельных наночастиц и их ансамблей. Чтобы изучать столь небольшие объекты, нужна электронная микроскопия.

СОДЕРЖАНИЕ



МИКРОСКОП



Разрешение  
микроскопа

**1,5**  
ангстрема

Это в

**1000000** раз

меньше  
диаметра человеческого волоса

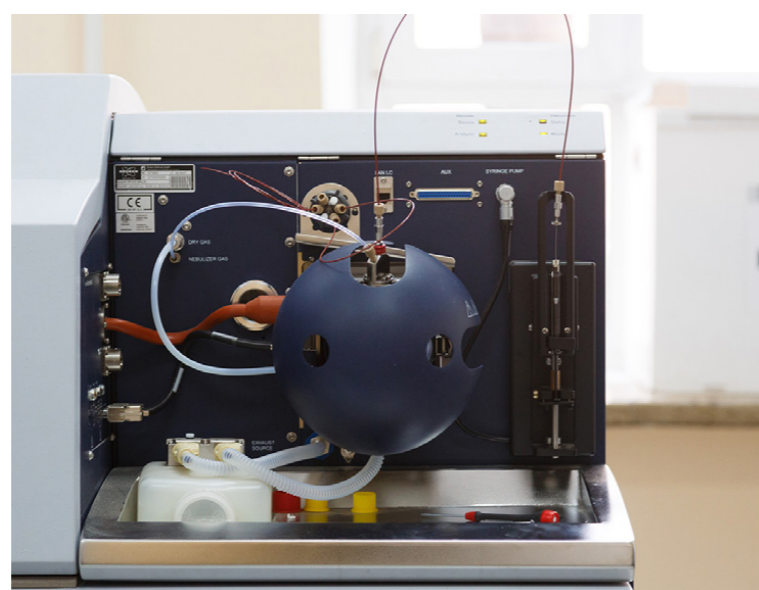
В лаборатории используются два микроскопа — сканирующий с разрешением 0,6 нанометра и просвечивающий с разрешением около 1,5 ангстрема. Это в миллион раз меньше диаметра человеческого волоса.

Также в лаборатории для изучения катализаторов, интермедиатов и продуктов, получающихся в реакции, применяются масс-спектрометры высокого разрешения. С их помощью определяют молекулярные массы соединений, содержащихся в образцах.

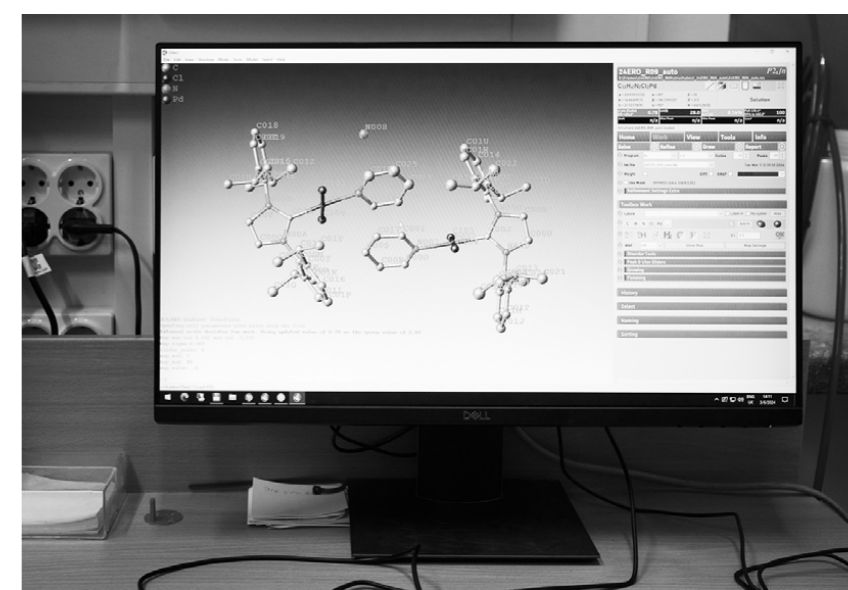
# МАСС-СПЕКТРОМЕТР



Масс-спектрометры позволяют понять состав и структуру сложных смесей химических соединений. Благодаря этому химики могут сказать, нужный ли продукт они получили.



Пространственная структура палладиевого катализатора с карбеновым лигандом







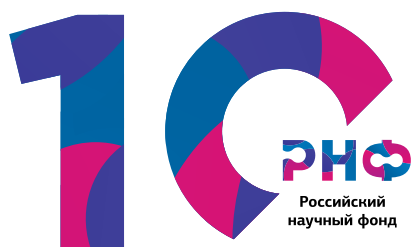
» **БЛАГОДАря ПРОГРЕССУ  
В РАЗВИТИИ  
КАТАЛИЗАТОРОВ МЫ  
СМОЖЕМ СОЗДАВАТЬ  
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ —  
ОТ ПОЛИМЕРОВ  
ДО ЛЕКАРСТВЕННЫХ  
ПРЕПАРАТОВ**

Лаборатория металлокомплексных и наноразмерных катализаторов появилась в 2009 году. Ее создатель и руководитель — Валентин Анаников, академик РАН, доктор химических наук.



**ВАЛЕНТИН АНАНИКОВ**

» Подавляющее большинство всех предметов, которые были сделаны человеком, — результат работы химической промышленности, где 70–80 % процессов идут с помощью каталитических технологий. Поэтому закономерно, что усилия ведущих лабораторий во всем мире сосредоточены на получении катализаторов нового поколения. Благодаря прогрессу в развитии катализаторов мы сможем создавать новые материалы — от полимеров до лекарственных препаратов.



---

Для иллюстрации статей использованы фотографии пресс-службы РНФ, авторов исследований, пресс-служб институтов, издания «Наука в Сибири», фотослужбы Конгресса молодых ученых, пресс-службы Президента России, фотобанков Росконгресса и Всемирного фестиваля молодежи, а также изображения из открытых источников.



Российский  
научный фонд



Москва, ул. Солянка, 14, стр. 3



+7 (499) 606-02-02



[info@rscf.ru](mailto:info@rscf.ru)



[www.rscf.ru](http://www.rscf.ru)



[rnfpage](#)



[RSF\\_news](#)



[dzen.ru/rnf](#)



[group/70000000467577](#)