

# Дайджест

новостей Российского научного фонда

**Академик Сергей Филиппов  
о перспективах энергетической  
отрасли России**

читайте  
**32**  
стр.



**В номере**

**10**

Прогнозирование  
выживаемости  
пациентов с раком  
легкого

**16**

Роль плазмосферы  
в защите планеты

**24**

Тематический сайт  
к 10-летию РНФ

**44**

Ученый Валерий  
Стенников о цифровых  
двойниках энергосистем

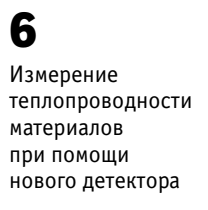


## ОТКРЫТИЯ

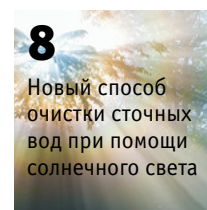
**4**  
Оптимизация методов защиты от молний



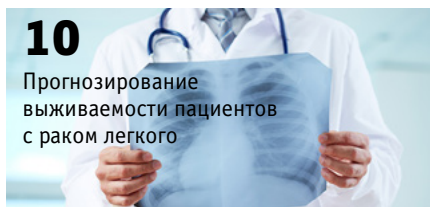
**6**  
Измерение теплопроводности материалов при помощи нового детектора



**8**  
Новый способ очистки сточных вод при помощи солнечного света



**10**  
Прогнозирование выживаемости пациентов с раком легкого



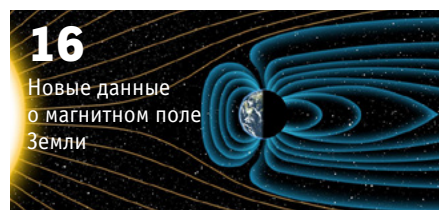
**12**  
Перепрограммирование клеток в стволовые для замедления старения



**14**  
Технология создания хлеба без химических улучшителей



**16**  
Новые данные о магнитном поле Земли



**18**  
Археологические открытия в Хакасии

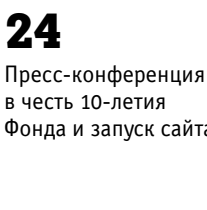


**20**  
Передовые материалы для повышения качества добычи природного газа



## СОБЫТИЯ

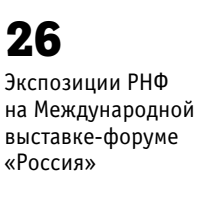
**24**  
Пресс-конференция в честь 10-летия Фонда и запуск сайта



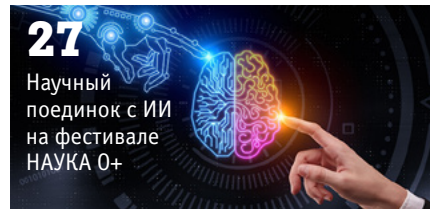
**25**  
Победители Президентской программы на III Конгрессе молодых ученых




**26**  
Экспозиции РФФ на Международной выставке-форуме «Россия»



**27**  
Научный поединок с ИИ на фестивале НАУКА 0+



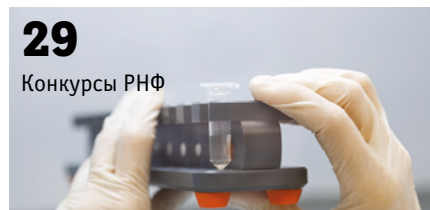
**28**  
Презентация книги об ученых «Разговоры за жизнь»



**29**  
Конкурсы РФФ



**29**  
Конкурсы РФФ



## ИНТЕРВЬЮ

**32**  
Группа ученых о новых вызовах и перспективах энергокомплекса России



**44**  
Академик Валерий Стенников о цифровых двойниках энергосистем



## СПЕЦПРОЕКТ

Передовые технологии в электроэнергетике

**56**



**ОТ  
КРЫ  
ТИЯ**



Источник: ТАСС

## УСТАНОВЛЕНА ПРИЧИНА СТУПЕНЧАТОГО И НЕПРЕРЫВНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОЛНИЙ В АТМОСФЕРЕ

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Оптимизация методов молниезащиты с учетом макромасштабной асимметрии молниевых разрядов



Руководитель проекта

Дмитрий Игоревич Иудин  
доктор физико-математических наук



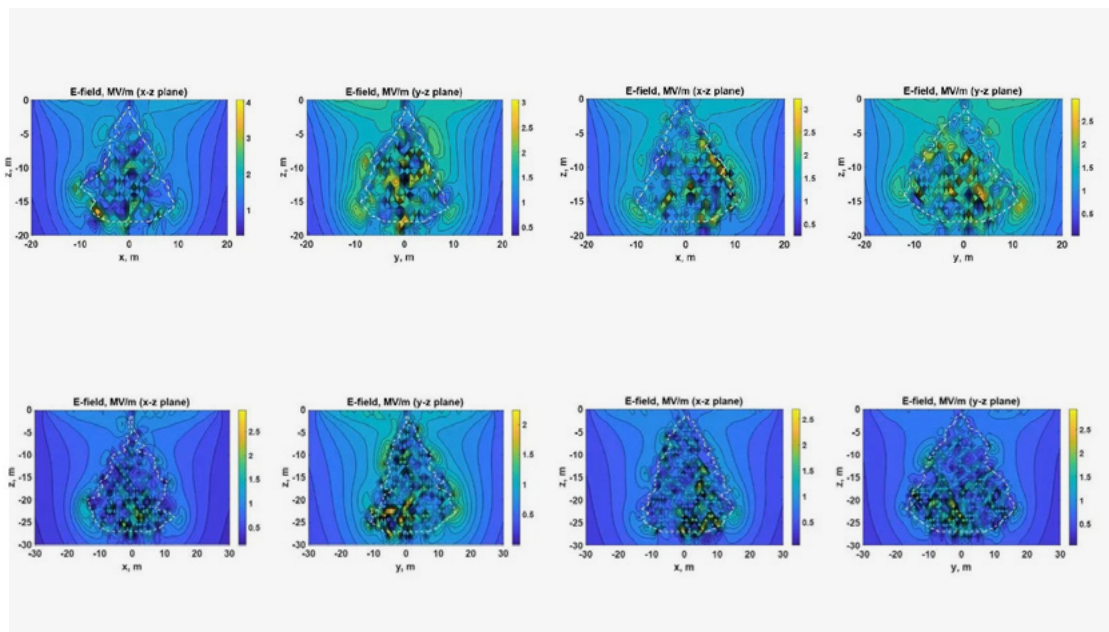
Институт прикладной физики имени А. В. Гапонова-Грехова РАН



Нижний Новгород



2023–2025



◀ 2D-распределение амплитуд напряженности электрического поля внутри и в ближайшей окрестности стримерных зон отрицательных (вверху) и положительных (внизу) лидеров молнии. Источник: Артем Сысоев



Проблема распространения различных типов молниевых разрядов занимает второе место в списке актуальных вопросов физики молнии и до сих пор остается нерешенной. То, что мы видим с большого расстояния и обычно называем молнией, — это лидерный канал. Он заканчивается головкой, из которой выходят десятки миллионов стримеров — холодных плазменных каналов. Совокупность стримеров образует стримерную зону, или корону.

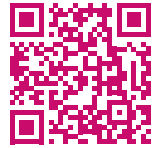
**УЧЕНЫЕ УСТАНОВИЛИ, ПОЧЕМУ ОДНИ МОЛНИИ РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ СТУПЕНЧАТО, А ДРУГИЕ — НЕПРЕРЫВНО. ПРИЧИНА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В РАЗНИЦЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ОБЪЕМЕ СТРИМЕРНЫХ КОРОН.**

Так, в стримерных зонах отрицательных каналов молний уровень локальных всплесков электрического поля примерно вдвое больше, чем у положительных. Они содержат множество областей, поле внутри которых превышает порог пробоя воздуха, что и обуславливает их ступенчатое развитие. Положительные же молнии имеют низкую вероятность появления таких участков, поэтому развиваются непрерывно.

Работа ученых позволит улучшить методы защиты от молний. С материалами исследования можно ознакомиться в журнале *Atmospheric Research*.



Источник: Russia Today



## ПРИБОР НА ОСНОВЕ ДВУХ ЛАЗЕРОВ ИЗМЕРИТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Исследование теплопроводности тонкопленочных термоэлектриков оптическими методами



Руководитель проекта

**Михаил Константинович Ходзицкий**

кандидат физико-математических наук

ООО «Терагерцовая фотоника»

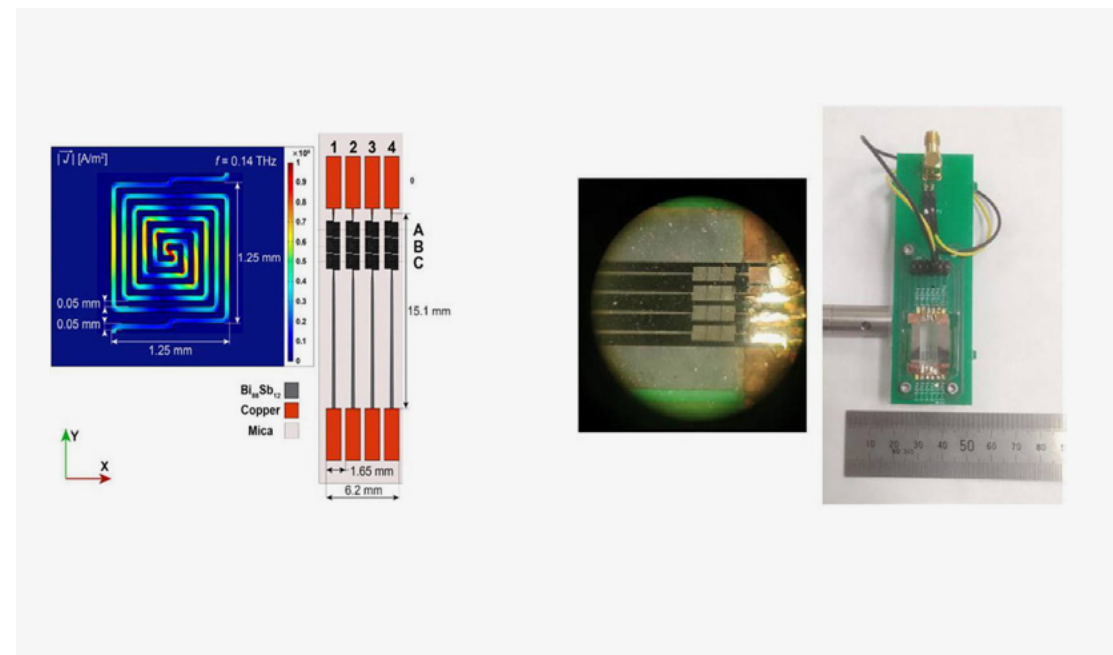
Санкт-Петербург

2022–2023



Электронные устройства становятся все более миниатюрными, достигая миллионных долей миллиметра. Они обладают уникальными свойствами: наноразмерные лазеры и детекторы в разы точнее и чувствительнее, чем их более габаритные аналоги. Главная проблема миниатюрной электроники — нагрев, вследствие чего уменьшается способность прибора проводить электрический ток. Для того чтобы определить риски перегрева устройства, необходимы методы для точной оценки теплопроводности электронных компонентов.

Физики создали прибор, который состоит из двух лазеров: излучение первого — лазера накачки — на длине волны зеленого цвета нагревает образец, а отраженное от образца излучение второго — зондирующего лазера — на длине волны красного цвета используется для измерения теплопроводности. Материалы по-разному отражают свет красного лазера в зависимости от степени нагрева — эти данные и позволяют рассчитать теплопроводность прибора. Затем ученые измерили теплофизические свойства материалов, из которых изготавливается датчик терагерцового излучения (ТГц). Такое излучение применяется в различных сферах: от исследования живых тканей до проверки багажа в аэропорту.



◀ Слева: микроструктура чувствительного элемента детектора. Справа: фотография детектора. Источник: Demchenko et al. / Applied Physics Letters, 2023

**НА ОСНОВЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ ФИЗИКИ СОБРАЛИ РАБОЧУЮ МОДЕЛЬ ТГЦ-ДЕТЕКТОРА, КОТОРЫЙ ПО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ ОТКЛИКА НА ИЗЛУЧЕНИЕ НЕ УСТУПАЕТ СУЩЕСТВУЮЩИМ УСТРОЙСТВАМ.**

При этом разработка обладает важным преимуществом: она в десять раз дешевле аналогов и проще в изготовлении. Детектор работает при комнатной температуре, тогда как большинство подобных приборов требуют охлаждения до сверхнизких температур порядка  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Статья вышла в журнале *Applied Physics Letters*.





Источник: Naked Science

Президентская программа

## ГИБРИДНЫЙ ФОТОКАТАЛИЗАТОР ОЧИСТИТ СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Супрамолекулярные мультимодальные гибридные системы для биомиметического катализа и фотокатализа



Руководитель проекта

Мария Александровна  
Калинина

доктор химических наук

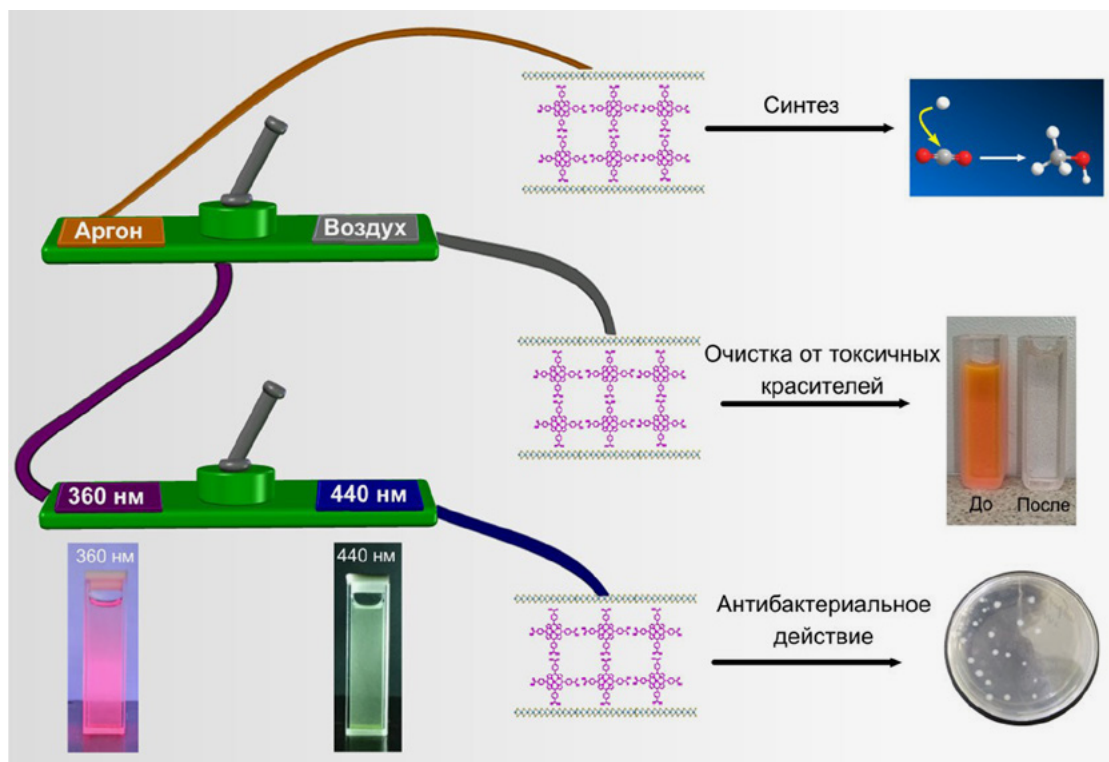
Институт физической химии  
и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН

Москва

2023–2026



Очистные сооружения



Переключение режима работы фотокатализатора при изменении внешних условий и длины волны облучения. Возможные области применения материала. Источник: Мария Калинина

Химики получили уникальный фотокатализатор, генерирующий свободные радикалы под действием видимого и ультрафиолетового света. Эти частицы с эффективностью более 90% разрушают органические загрязнители, попадающие в сточные воды от химических производств. Гибридный фотокатализатор в 11 раз быстрее аналогов подавляет рост кишечной палочки — микроорганизма, активно размножающегося в воде.

Фотокатализатор объединяет в себе органический и неорганический компоненты. В его состав входят порфирины — окрашенные соединения, способные поглощать видимый свет, и наночастицы дисульфида молибдена толщиной в один атомный слой. Чтобы соединить эти компоненты, авторы использовали метод нековалентной самосборки.

**ПОЛУЧЕННЫЙ УЧЕНЫМИ МАТЕРИАЛ МОЖЕТ ПРИМЕНЯТЬСЯ ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ СТОЧНЫХ ВОД, А ТАКЖЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ ТОКСИНОВ, КРАСИТЕЛЕЙ И ДРУГИХ СОЕДИНЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.**

Он позволит повторно применять компоненты отработанных материалов в новых наноразмерных устройствах, что снизит производственные затраты и нагрузку на окружающую среду. Статья опубликована в журнале *ACS Applied Materials & Interfaces*.



Источник: РИА Новости

Президентская программа

## ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРДСКАЖЕТ ВЫЖИВАЕМОСТЬ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ЛЕГКОГО



### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Роль белков-регуляторов программируемой гибели клеток в развитии патологий



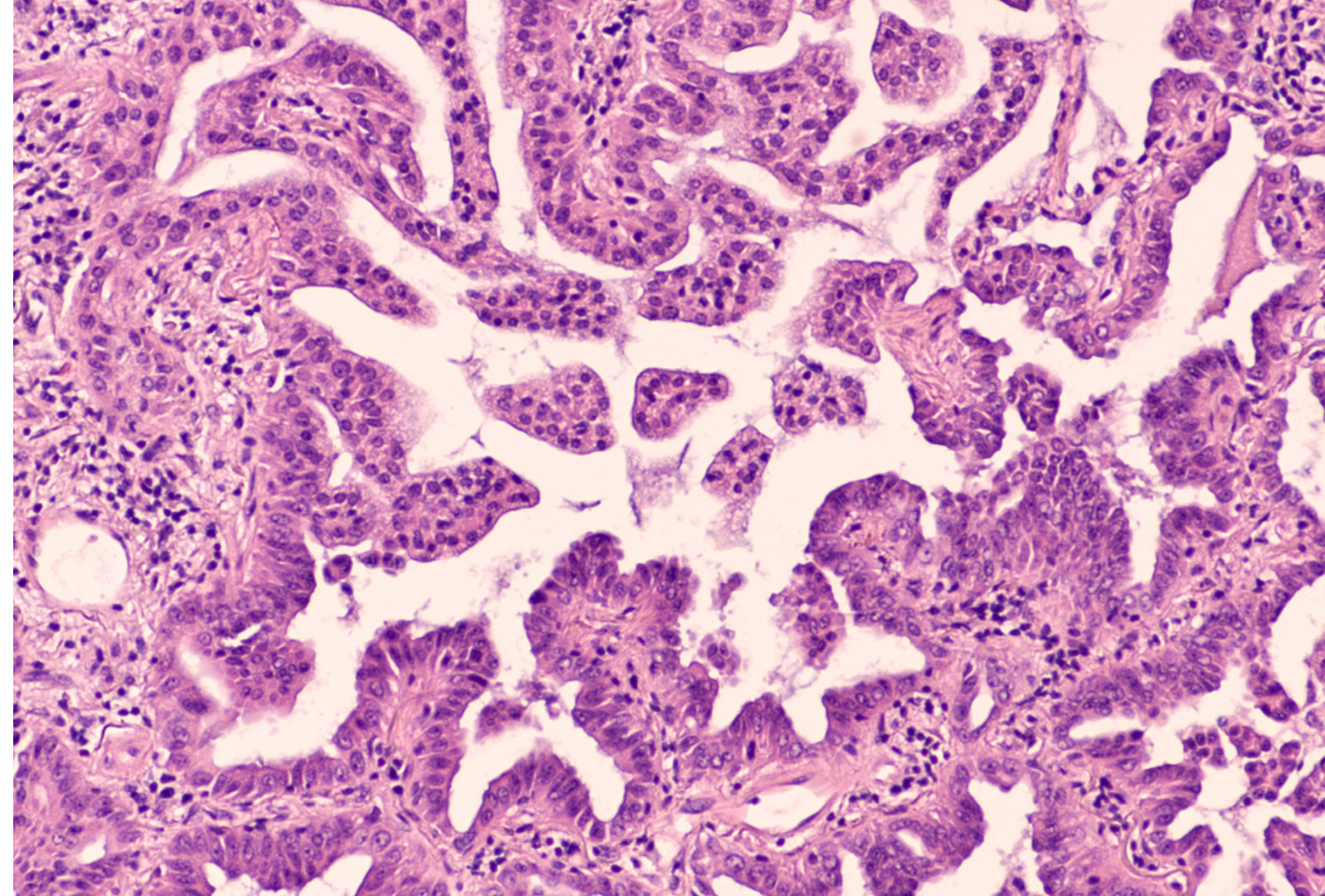
Руководитель проекта

**Борис Давидович Животовский**  
доктор биологических наук

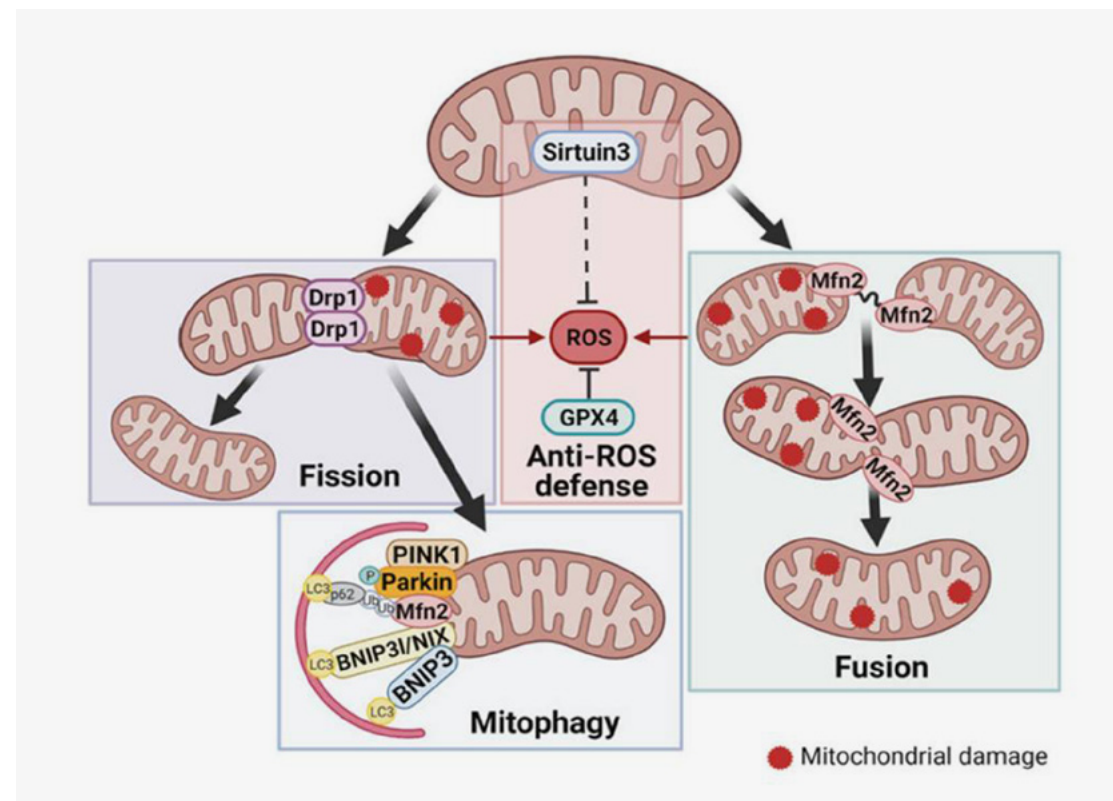
Институт молекулярной биологии имени В. А. Энгельгардта РАН

Москва

2023–2026



▲ Аденокарцинома легкого. Вид под микроскопом



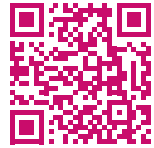
Ученые разработали модель для прогнозирования выживаемости пациентов с аденокарциномой легких — самой распространенной формой рака легкого. Она опирается на данные об уровне белков, которые контролируют качество митохондрий — своего рода энергетических станций клетки, обеспечивающих дыхание и нормальную работу всех клеток и тканей организма. Число, качество и работоспособность митохондрий поддерживают специальные механизмы, которые управляются регуляторными белками. Зная их уровень, можно определить состояние митохондрий.

Исследователи оценили уровень белков, контролирующих качество митохондрий, в нормальной и опухолевой ткани у 80 человек с аденокарциномой легких. Полученные данные сопоставили с информацией о возрасте, поле и стадии заболевания пациентов.

**В РЕЗУЛЬТАТЕ АВТОРЫ СМОГЛИ ПОСТРОИТЬ ПРОГНОСТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ ВЫЖИВАЕМОСТИ БОЛЬНОГО НА ГОД, ТРИ И ПЯТЬ ЛЕТ. ТОЧНОСТЬ НОВОЙ МОДЕЛИ НА 20% ПРЕВЫСИЛА ИМЕЮЩИЕСЯ АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ.**

Предложенный подход позволит врачам эффективнее прогнозировать исход болезни и подобрать индивидуальное лечение для пациентов с аденокарциномой легких. Статья вышла в издании *Cell Death Discovery*.





Источник: ТАСС

Президентская программа

## ПЕРЕПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРЕВРАТИТ КЛЕТКИ В СТВОЛОВЫЕ И ЗАМЕДЛИТ СТАРЕНИЕ ТКАНЕЙ И ОРГАНОВ


НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА


Патофизиологическая значимость гена PPM1D и его терапевтическое модулирование в ксенографтной модели острого миелобластного лейкоза человека




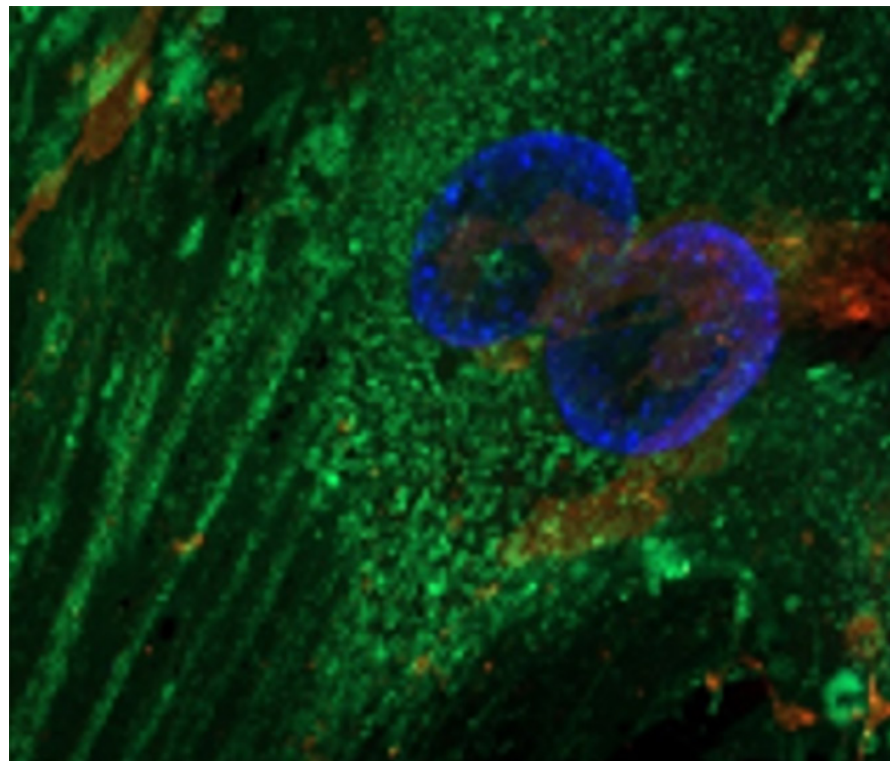
Руководитель проекта

**Олег Николаевич Демидов**  
доктор медицинских наук

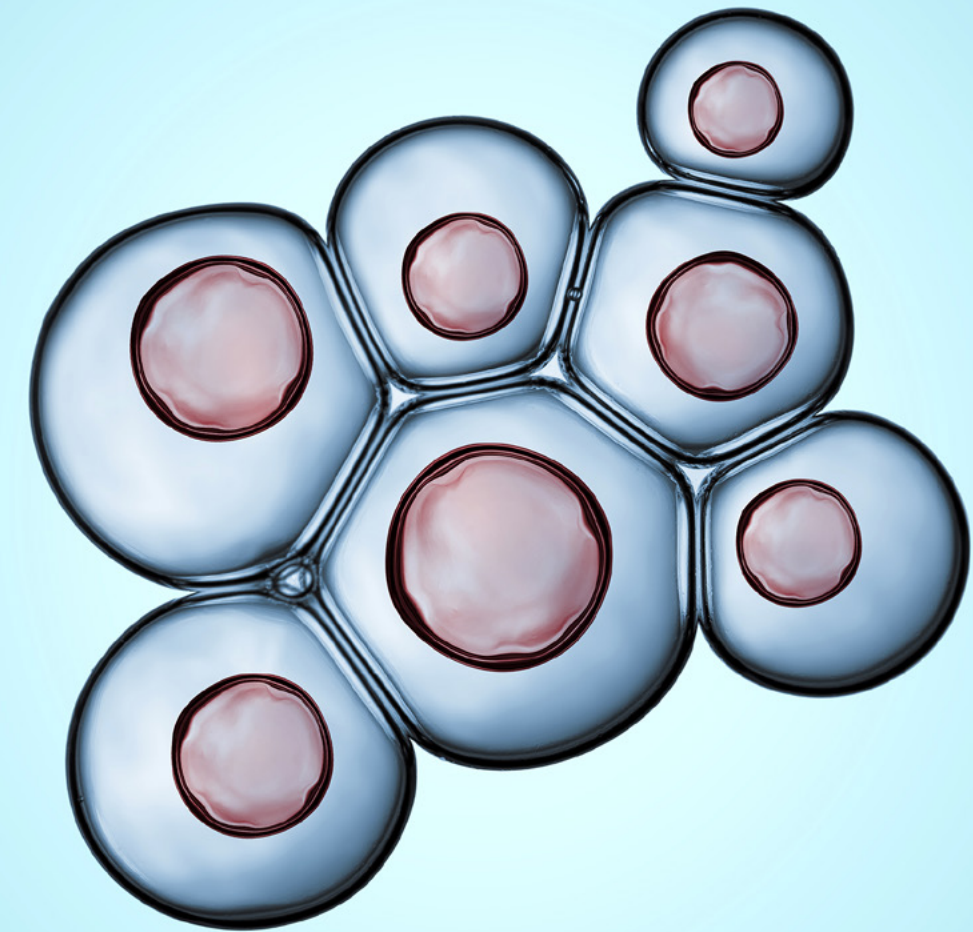
 Институт цитологии РАН

 Санкт-Петербург

 2023–2025



◀ Клетки с высоким уровнем белка p16 (окрашены в зеленый цвет).  
Источник: Олег Демидов



По мере старения человека в клетках и тканях изменяется работа генов, усиливаются окислительные и воспалительные процессы, что негативно сказывается на регенерации. Ученые исследуют способы омоложения тканей путем перепрограммирования взрослых клеток.

**ИДЕЯ СОСТОИТ В ТОМ, ЧТОБЫ С ПОМОЩЬЮ ОПРЕДЕЛЕННЫХ СТИМУЛОВ ЗАПУСТИТЬ В КЛЕТКЕ ГЕНЫ И ПРОЦЕССЫ, КОТОРЫЕ БЫЛИ СВОЙСТВЕННЫ ЕЙ «В МОЛОДОСТИ», ТЕМ САМЫМ ПРЕВРАТИВ ЕЕ В СТВОЛОВУЮ.**

Превращая стволовые клетки в определенный тип клеток, например сердечную или мышечную, можно выращивать тот или иной орган или омолаживать стареющие ткани. Однако эксперименты показали, что не все ткани удастся превратить в стволовые, а полученные клетки — не во все необходимые нам типы взрослых клеток. Это происходит, в частности, из-за накопления белка p16, препятствующего перепрограммированию. Белок блокирует процесс деления клеток и служит одним из важных маркеров старения. Если удалить «стареющие» клетки, богатые p16, то омоложение проходит эффективнее.

Сделанное учеными открытие поможет разработать методы для замедления старения и увеличения продолжительности и качества жизни. О результатах исследования можно узнать в журнале *Nature Cell Biology*.



Источник: Naked Science



## ПОЛЕЗНЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ ХЛЕБ БЕЗ ХИМИЧЕСКИХ УЛУЧШИТЕЛЕЙ

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Разработка новых научных подходов к минимизации продовольственных потерь и повышению эффективности использования пищевых ресурсов в системе производства на основе применения физических методов воздействия



Руководитель проекта

Наталья Владимировна  
Науменко

доктор технических наук



Южно-Уральский государственный  
университет



Челябинск



2023–2024



◀ Наталья Науменко, профессор, старший научный сотрудник кафедры «Пищевые и биотехнологии» ЮУрГУ, руководитель проекта по гранту РНФ.  
Источник: Сергей Качко



▲ Исследование зерна с проростками

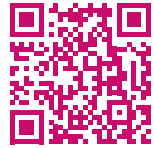
Ученые разработали технологию создания сырьевых ингредиентов из пророщенных зерновых культур, позволяющую получить цельносмолотую муку из зерна низкого класса. Ее использование сократит процесс приготовления хлебобулочных и мучных изделий, повысит пищевую ценность и качество продукта.

Хлеб из цельносмолотой муки отличается повышенным содержанием флавоноидов, полифенолов, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, полезных для организма. Такой продукт имеет хорошие антиоксидантные свойства.

**БЛАГОДАРЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОТХОДНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА  
ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЕ ПОТЕРИ ТРЕХ ГЛАВНЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР РОССИИ —  
ПШЕНИЦЫ, ОВСА И ЯЧМЕНЯ — БУДУТ СВЕДЕНЫ К МИНИМУМУ.**

Таким образом, предлагаемый учеными метод способен кардинальным образом решить задачу ресурсосбережения нашей страны. Кроме того, применение данной технологии позволит максимально сохранить натуральность продукта. Не секрет, что в производстве хлебобулочных изделий из сырья низкого класса традиционно используются химические улучшители, — внесение же в рецептуру новых сырьевых ингредиентов позволит отказаться от подобных добавок. С результатами исследования можно ознакомиться на страницах журнала *Fermentation*.





Источник: Russia Today

Президентская программа

## ПЛАЗМЕННАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ ОСТАНОВИЛА КОЛЕБАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЛАНЕТЫ


НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА


Взаимодействие ультранизкочастотных волн с частицами  
кольцевого тока в магнитосфере Земли: теория и эксперимент




Руководитель проекта

**Ольга Сергеевна Михайлова**  
кандидат физико-математических  
наук

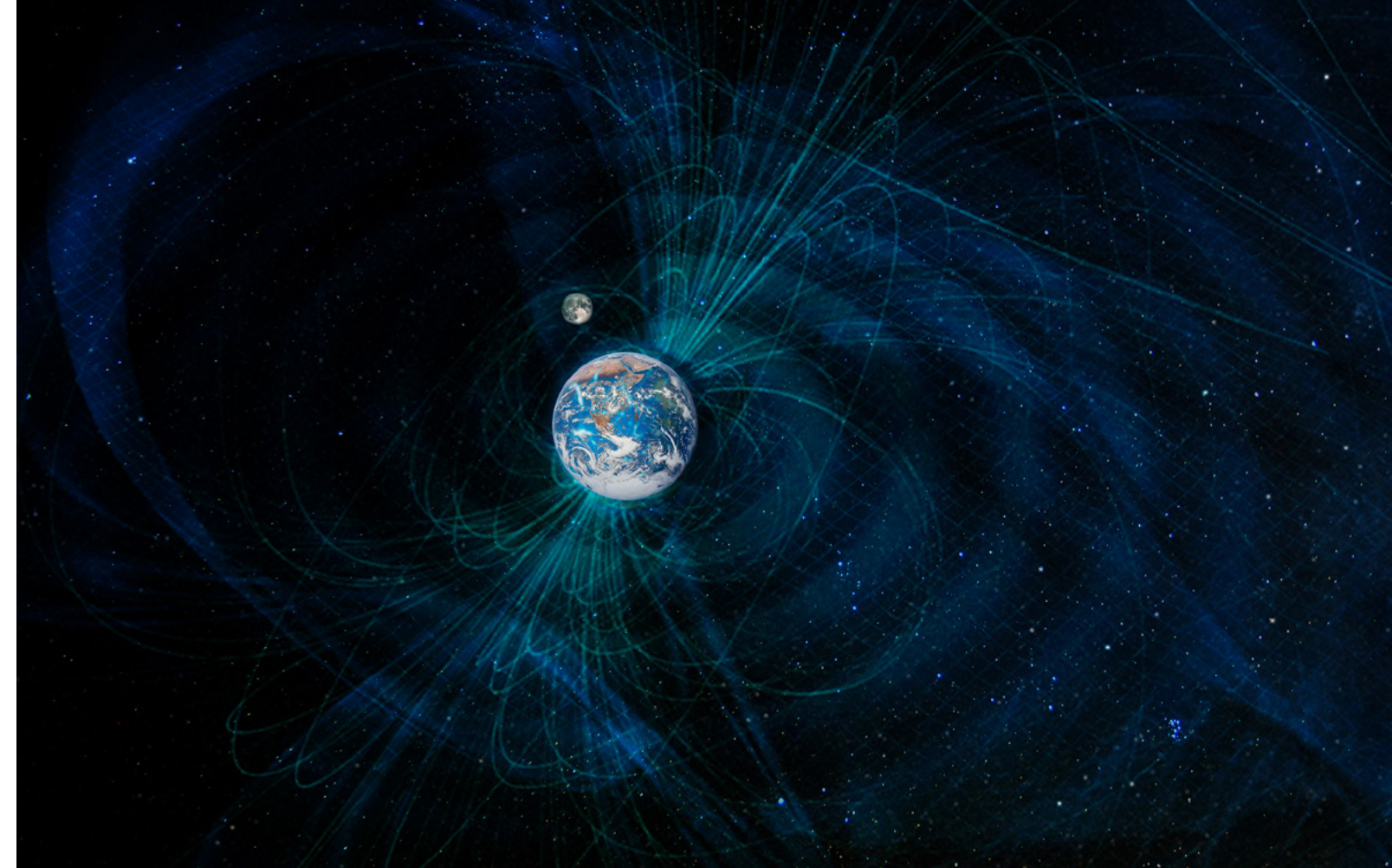
 Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения РАН

 Иркутск

 июль 2022 – июнь 2025



◀ Александр Рубцов,  
аспирант Института  
солнечно-земной  
физики СО РАН.  
Источник: Артем  
Моисеев



От Солнца к Земле идет поток ионизированных частиц — солнечный ветер. Он становится причиной магнитных бурь, которые могут негативно влиять на работу техники, особенно спутников. Однако у нашей планеты есть естественный щит, препятствующий проникновению заряженных частиц, — магнитосфера. Это область вокруг Земли, оканчивающаяся примерно на высоте 60 тысяч километров.

Исследователи проанализировали данные о колебаниях магнитного поля Земли, собранные японским орбитальным спутником Arase в период с 2017 по 2020 год. Это позволило подробно изучить два состояния магнитосферы: в спокойные периоды и при магнитных бурях. Выяснилось, что важную роль в распределении колебаний магнитного поля на планете играет плазмосфера — нижние слои магнитосферы, которые в отличие от остальных содержат в десятки тысяч раз больше заряженных частиц: электронов, протонов, ионов гелия, кислорода и других.

**УЧЕНЫЕ ДОКАЗАЛИ, ЧТО ПЛАЗМОСФЕРА НЕ ПРОПУСКАЕТ БОЛЬШИНСТВО  
УЛЬТРАНИЗКОЧАСТОТНЫХ ВОЛН, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЩНЫХ  
ВЫБРОСОВ СОЛНЕЧНОЙ ПЛАЗМЫ. ТАКИМ ОБРАЗОМ, ГРАНИЦА ПЛАЗМОСФЕРЫ  
ВЫСТУПАЕТ СВОЕОБРАЗНЫМ БАРЬЕРОМ.**

Результаты исследования, опубликованные в журнале *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, помогут точнее предсказывать увеличение интенсивности потоков заряженных частиц, влияющих на работу космических аппаратов.





Источник: ТАСС

Президентская программа

## НАЙДЕНА МАСТЕРСКАЯ ПО ВЫДЕЛКЕ ШКУР И КОСТОРЕЗНОМУ ДЕЛУ ВОЗРАСТОМ 30 ТЫСЯЧ ЛЕТ

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Верхнепалеолитическая мозаика — культурно-технологическая изменчивость каменных индустрий предгорных зон севера Центральной Азии во второй половине позднего плейстоцена



Руководитель проекта

Галина Дмитриевна Павленок  
кандидат исторических наук



Институт археологии и этнографии  
Сибирского отделения РАН



Новосибирск



июль 2021 — июнь 2024



Археологи ИАЭТ СО РАН за работой.  
Источник: Екатерина Бочарова



Вид сверху на стоянку Сабаниха в Республике Хакасия.  
Источник: Егор Филатов

Новосибирские археологи нашли на стоянке эпохи верхнего палеолита Сабаниха в Республике Хакасия участок, на котором производились разделка и утилизация охотничьей добычи — туш копытных животных. Стоянка, вероятно, была частью обширного участка местности на одной из террас Енисея, около 30 тысяч лет назад плотно заселенного древними людьми.

**В ХОДЕ РАСКОПОК В КУЛЬТУРНОМ СЛОЕ ПЛОЩАДЬЮ 16 М<sup>2</sup> НАЙДЕНО НЕСКОЛЬКО ТЫСЯЧ ПРЕДМЕТОВ: КАМЕННЫЕ АРТЕФАКТЫ И ФРАГМЕНТЫ КОСТЕЙ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ.**

Кроме того, были обнаружены изделия из рога и кости, включая длинную (более 5 см) костяную иглу с проделанным ушком. Сильная фрагментарность и следы расщепления или резания на костях дают основание предположить, что на этом участке велись первичная разделка и утилизация туш.

Среди орудий было много скребков, часто сломанных. На основании этого ученые предположили, что на стоянке также могли обрабатывать шкуры убитых животных. Параллельно здесь же в древности изготавливались и обновлялись орудия из камня, о чем свидетельствует большое количество мелких каменных чешуек, найденных в слое. Статья вышла в издании «Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий».





Источник: ТАСС

## ПОДЛОЖКА С РЕКОРДНО ВЫСОКОЙ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬЮ ПОВЫСИТ КАЧЕСТВО ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

### НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Высокоэффективные композиционные полволоконные мембраны и мембранные модули для разделения низших углеводородов



Руководитель проекта

**Владимир Васильевич Волков**  
доктор химических наук



Институт нефтехимического синтеза  
имени А. В. Топчиева РАН



Москва



2022–2023



Ученые создали подложку для мембран, очищающих природный газ от тяжелых углеводородов. Такие молекулы нужно удалять, поскольку они могут конденсироваться в трубопроводе и тем самым ухудшать его работу.

### НОВАЯ ПОДЛОЖКА ИЗ ПОЛИСУЛЬФОНА ОБЛАДАЕТ РЕКОРДНО ВЫСОКОЙ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬЮ, В ДЕСЯТЬ РАЗ ПРЕВОСХОДЯЩЕЙ ПОКАЗАТЕЛИ АНАЛОГИЧНЫХ ПОРИСТЫХ ПОЛОВОЛОКОННЫХ ПОДЛОЖЕК.

За час через подложку площадью 1 м<sup>2</sup> при нормальном атмосферном давлении проходит 95 тысяч литров углекислого газа. Разработка представляет собой полые волокна, напоминающие трубочки, с толщиной стенки 300 микрон, что примерно в десять раз толще человеческого волоса. Авторы оптимизировали структуру волокон вблизи внутреннего канала, чтобы мембрана имела минимальное сопротивление.

Исследователи выяснили, что у подложки есть не только механическая функция поддержки разделительного слоя. От производительности элемента в том числе зависят эффективность газоразделительной мембраны и стабильная работа трубопровода.

Разработка поможет более чем в девять раз сократить затраты энергии на разделение природного газа и в два раза повысить скорость его очистки. Статья с результатами исследования вышла в журнале *Separation and Purification Technology*.

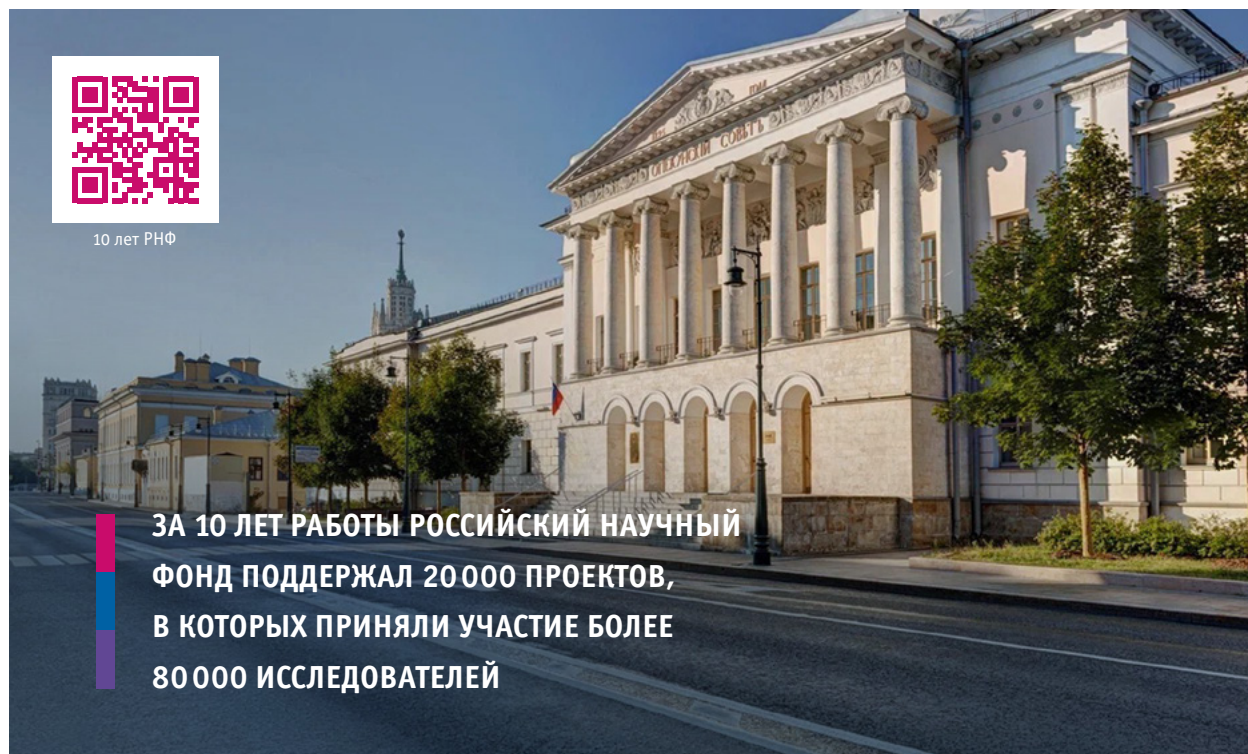






**СО  
БЫ  
ТЯ**





**ЗА 10 ЛЕТ РАБОТЫ РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ  
ФОНД ПОДДЕРЖАЛ 20 000 ПРОЕКТОВ,  
В КОТОРЫХ ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ БОЛЕЕ  
80 000 ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ**

**НОЯБРЬ**



## **ПРЕСС-КОНФЕРЕНЦИЯ В ЧЕСТЬ ДЕСЯТИЛЕТИЯ РНФ И ЗАПУСК НОВОГО САЙТА**

В день десятилетия Российского научного фонда, 2 ноября, в ТАСС состоялась пресс-конференция. Генеральный директор Александр Хлунов и председатель Научно-технологического совета Александр Клименко рассказали о ключевых результатах деятельности РНФ за 10 лет, значении его научной экспертизы и системных изменениях, произошедших в российской науке благодаря деятельности Фонда. На мероприятии было также объявлено о запуске тематического сайта, на котором собраны ключевые события из жизни РНФ. За 10 лет работы Российский научный фонд поддержал 20 000 проектов, в которых приняли участие более 80 000 исследователей. Общая сумма финансирования проектов — 220 млрд рублей.



*Что стоит за этими цифрами? Это поддержка более 80 тысяч ученых. Среди наших грантополучателей сотрудники тысячи российских научных и образовательных организаций из 83 регионов России. Впечатляет и количество публикаций, вышедших по результатам поддержанных проектов в мировых ведущих научных журналах: более 250 тысяч статей. Это позволило России войти в топ-10 стран, поддерживающих фундаментальные исследования.*

**Александр Хлунов**  
генеральный директор РНФ



**НОЯБРЬ**

## **В ШКОЛЕ РНФ НА III КОНГРЕССЕ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ БОЛЕЕ 300 ПОБЕДИТЕЛЕЙ ПРЕЗИДЕНТСКОЙ ПРОГРАММЫ ИЗ РАЗНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

Конгресс молодых ученых, состоявшийся 28–30 ноября в Сочи, — ключевое ежегодное событие Десятилетия науки и технологий. Руководство и сотрудники Фонда подготовили для участников конгресса насыщенную трехдневную программу «Школы РНФ», которая включала в себя встречу с руководством Фонда, сессии по международным и региональным программам, научной коммуникации, выступления молодых ученых и другие мероприятия. Также в рамках Конгресса состоялась встреча представителей Фонда с Президентом России Владимиром Путиным.

Президент РФ Владимир Путин провел встречу с участниками III Конгресса молодых ученых. Источник фотографий: фотослужба Конгресса молодых ученых







НОЯБРЬ'23 – АПРЕЛЬ'24

## ЭКСПОЗИЦИИ РНФ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ-ФОРУМЕ «РОССИЯ» РАССКАЖУТ О ДОСТИЖЕНИЯХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ

С 4 ноября по 12 апреля на территории ВДНХ в Москве открыта Международная выставка-форум «Россия». Оказаться внутри научной лаборатории и узнать о ярких научных достижениях российских исследователей, проверить свои знания гости выставки смогут, посетив экспозиции от Российского научного фонда, — «Ищи ответы в науке» и «Наука в формате 360°».



Источник: оргкомитет выставки «Россия»



НОВАЯ

## НА ФЕСТИВАЛЕ НАУКА 0+ ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ РНФ ВСТРЕТИЛИСЬ В НАУЧНОМ ПОЕДИНКЕ С НИ

В рамках Фестиваля НАУКА 0+, проходившем в Зарядье, состоялись медицинский лекторий, квиз, мастер-классы для юных исследователей, а также интеллектуальная битва ученых против чат-бота, судьями которой стали участники мероприятия.

Из лекции Антона Попова — кандидата биологических наук, заведующего лабораторией ИТЭБ РАН, грантополучателя РНФ — слушатели узнали о ядерной медицине и новых возможностях лечения онкологии. А Ольга Царева — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник ИКИ РАН и участник гранта РНФ — поделилась тем, как ученые исследуют внеземные океаны Солнечной системы и предложила участникам лектория разгадать термины, изображенные нейросетью.

Фестиваль собрал 5 тысяч гостей и свыше 1,5 млн онлайн-зрителей. Самые активные участники по традиции получили призы от Российского научного фонда.





Источник: Тимур Сабиров, Сколтех

НОЯБРЬ

## ВЫШЛА В СВЕТ КНИГА «РАЗГОВОРЫ ЗА ЖИЗНЬ» С ВЕДУЩИМИ БИОЛОГАМИ МИРА

16 ноября в Сколтехе состоялась презентация книги «Разговоры за жизнь. Как устроены мы и жизнь вокруг нас». Третья книга стала завершением большого медиапроекта, реализованного Сколтехом в сотрудничестве с РНФ. «Разговоры за жизнь» продолжают книжную серию, в которую входят тома «Математические прогулки» и «Математические прогулки +», «Физически это возможно». В книгу вошли более 30 интервью с ведущими специалистами из области наук о жизни.



*Задумывая проект, мы хотели, чтобы книги стали интересными не только специалистам, но и широкому кругу читателей. Книга включает в себя интервью как с мэтрами, так и с успешными молодыми учеными, ведь биология — очень быстро развивающаяся наука.*

**Александр Кулешов**  
ректор Сколтеха, академик РАН



Календарь конкурсов РНФ в 2023 году

## ПОДВЕДЕНЫ ИТОГИ КОНКУРСОВ РНФ И НАЧАТ ПРИЕМ НОВЫХ ЗАЯВОК НА «МОЛОДЕЖНЫЕ» И МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНКУРСЫ

В 2023 году завершен третий совместный конкурс РНФ с Государственным фондом естественных наук Китая. По итогам экспертизы поддержку получит 51 проект. Также подведены итоги молодежного конкурса РНФ и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований: поддержан 21 международный проект. Объявлено два международных конкурса с Министерством образования и науки Монголии и Вьетнамской академией наук и технологий.

По результатам экспертизы в рамках конкурса для малых отдельных научных групп экспертным советом Фонда поддержано 1392 проекта. По направлению «Микроэлектроника» объявлено 50 организаций-победителей, которые представили проекты в соответствии с техническими требованиями организаций-заказчиков, отобранных ранее в конкурсе технологических предложений.

Открыт прием заявок на «молодежные» конкурсы Президентской программы исследовательских проектов: конкурс инициативных исследований молодых ученых и молодежных научных групп. Их результаты Фонд объявит в 2024 году.



Прием заявок на «молодежные» конкурсы







# ИН ТЕР ВЬЮ





# МЫ СОЗДАЕМ ДОЛГОСРОЧНУЮ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГО- КОМПЛЕКСА РОССИИ



**СЕРГЕЙ ФИЛИППОВ**

академик РАН, директор Института энергетических исследований РАН, председатель Совета по приоритетному направлению научно-технологического развития РФ, определенному пунктом 20 «б» («Энергетика»)



**ФЕДОР ВЕСЕЛОВ**

кандидат экономических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий отделом научных основ развития систем энергетики Института энергетических исследований РАН



**АЛЕКСАНДР КЕЙКО**

доктор технических наук, главный научный сотрудник Института энергетических исследований РАН



**ВЛАДИМИР КЛИМЕНКО**

академик РАН, доктор технических наук, главный научный сотрудник Института энергетических исследований РАН, руководитель научно-исследовательской лаборатории «Глобальные проблемы энергетики» НИУ МЭИ



**ВЛАДИМИР МАЛАХОВ**

кандидат экономических наук, заведующий отделом исследования взаимосвязей экономики и энергетики Института энергетических исследований РАН

**В условиях изменения климата, импортозамещения и высокой неопределенности многих факторов российская энергетика сталкивается с новыми вызовами. Чтобы обеспечить устойчивое развитие и конкурентоспособность нашей страны, отрасль должна эффективно адаптироваться к переменам. Но как выбрать оптимальный путь технологической перестройки энергетической системы? Ученые из Института энергетических исследований РАН под руководством Сергея Филиппова разрабатывают инструменты, которые помогут дать ответ на этот вопрос. При поддержке РФФИ научная группа создала систему моделей, описывающую развитие энергетического комплекса страны до 2060 года. Результаты востребованы не только государством, но и бизнесом – исследователи сотрудничают с компанией «Росатом» в рамках проектного направления «Прорыв», а также с ПАО «Русгидро» и другими компаниями.**





**С**ейчас наблюдается глобальный тренд на декарбонизацию, связанный с изменением климата. Россия тоже приняла на себя обязательства по снижению выбросов углерода. Какие изменения должна претерпеть наша энергетическая система, чтобы мы смогли их выполнить?

**Сергей Филиппов**

Существует стратегия низкоуглеродного развития России до 2050 года, в которой определены целевые показатели сокращения выбросов парниковых газов. Также недавно была принята Климатическая доктрина РФ, где зафиксировано, что к 2060 году наша страна должна достичь углеродной нейтральности — то есть равенства выбросов парниковых газов и их поглощения экосистемами. Из этих документов следует, что за десятилетие с 2050 по 2060 год мы должны сделать резкий скачок в сокращении выбросов парниковых газов, и это серьезный

вызов. Сможем ли мы справиться? Наши исследования показывают: это возможно, но придется заплатить высокую цену.

Есть много различных вариантов перестройки энергетической системы. Например, радикально снизить выбросы углерода можно, построив огромное количество атомных станций. Но у нас пока нет таких производственных мощностей. Кроме того, придется решать проблему эффективной утилизации отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов. Другой вариант перехода к углеродной нейтральности — это крупномасштабное использование возобновляемых источников энергии. Но и солнечная, и ветровая электрогенерации неуправляемы по своей природе, и это будет накладываться на переменный характер электропотребления. Кроме того, высокопотенциальных ресурсов возобновляемой энергии в России не так много, и они находятся далеко от центров потребления.

Также можно продолжить использовать органическое топливо, но при условии, что будут применяться технологии улавливания CO<sub>2</sub> с последующим его захоронением. Однако для осуществления подобных проектов необходимы огромные инвестиции.

тщательно проанализировать технические возможности для достижения углеродной нейтральности, во-вторых, определить наиболее приемлемые варианты и, в-третьих, сформировать рекомендации по их внедрению.

**Что вам уже удалось сделать?**

Наш проект можно разделить на несколько взаимосвязанных частей. Прежде чем приступить к прогнозированию развития энергетики до 2060 года, необходимо продумать, каким образом эту задачу решать. Поэтому мы начали с создания методики прогнозирования, что оказалось очень нетривиально из-за чрезвычайной неопределенности будущих условий. Другой раздел нашего проекта — различные инструменты, необходимые для оценки влияния климатических изменений на энергетику, прогнозирования развития технологий, предсказания спроса на энергию и определения возможных состояний мировых энергетических рынков, ведь бюджет страны сильно зависит от экспорта топлива.

## ЗА ДЕСЯТИЛЕТИЕ С 2050 ПО 2060 ГОД МЫ ДОЛЖНЫ СДЕЛАТЬ РЕЗКИЙ СКАЧОК В СОКРАЩЕНИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, И ЭТО СЕРЬЕЗНЫЙ ВЫЗОВ

Таким образом, реализация практически всех направлений декарбонизации обременена различными ограничениями: технологическими, ресурсными и другими. Эти ограничения нужно выявить и проанализировать, поскольку применение многих технологий оказывается экономически нецелесообразным. Нам необходимо выбрать оптимальное решение и, самое главное, научно обосновать свой выбор. Именно в этом заключается цель нашего проекта. Мы должны, во-первых,





И, наконец, важнейшая составляющая — это научные исследования, которые позволяют определить, что нужно делать и какой эффект при этом будет получен.

Проект реализуется уже третий год. Мы многого добились в разработке методологии энерготехнологического прогнозирования, климатического моделирования, прогнозирования спроса на электроэнергию и оценки взаимосвязей между энергетикой и социально-экономическим развитием страны. Нами создана система моделей, которая описывает развитие энергетического комплекса России на долгосрочную перспективу в условиях декарбонизации. Она учитывает множество факторов, связанных с электрификацией экономики, что способно кардинально изменить оптимальную структуру технологий электрогенерации. Это включает новую индустриализацию и новую электрификацию: расширение использования электрофизических и электрохимических

**МЫ СЕГОДНЯ ИМЕЕМ ИНСТРУМЕНТ  
ДЛЯ ВСЕСТОРОННЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
КОНЦЕПЦИИ «ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МИРА»,  
К РЕАЛИЗАЦИИ КОТОРОЙ ПОСТЕПЕННО  
ДВИЖУТСЯ РАЗВИТЫЕ СТРАНЫ**

процессов, промышленных и бытовых роботов, технологий связи 5G и 6G, рост востребованности электротранспорта, переход на электроотопление и получение водорода методом электролиза. Также мы создали первую математическую модель, которая достаточно адекватно описывает режимы электропотребления: и суточные, и сезонные. Это крайне важно для корректности прогнозов развития электроэнергетики в условиях применения возобновляемых источников энергии и плохо регулируемых АЭС. Таким образом, мы сегодня имеем инструмент для всестороннего исследования концепции «электрического мира», к реализации которой постепенно движутся развитые страны.



**О**дна из важных частей вашего проекта — оценка влияния изменения климата на энергетику. Расскажите про климатическую модель, которую вы используете для уточнения прогнозов.

**» Владимир Клименко**

Модель существует уже около 30 лет. Она постоянно совершенствуется и позволяет прогнозировать основные климатические параметры во всех точках планеты. Таких параметров всего два — это температура и количество осадков.

**ПРИМЕРНО 80% ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ,  
МЕНЯЮЩИХ ТЕПЛОУЮ БАЛАНС ЗЕМЛИ,  
ПОПАДАЮТ В АТМОСФЕРУ В РЕЗУЛЬТАТЕ  
ДОБЫЧИ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И СЖИГАНИЯ  
ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА**

Зная их, можно предсказать и все остальное, например, скорость ветра или интенсивность попадания солнечной радиации на поверхность планеты.

На входе климатической модели мы задаем уровень антропогенного воздействия на планету, которое в основном обусловлено влиянием энергетики. Ведь примерно 80% парниковых газов, меняющих тепловой баланс Земли, попадают в атмосферу в результате добычи, транспортировки и сжигания органического топлива. Имея представление о том, сколько энергии понадобится миру, что за топливо мы будем использовать — уголь, нефть, газ или возобновляемые источники, — можно предположить, каким будет газовый состав атмосферы, а значит, и температурный режим. Это позволит разработать рациональную стратегию развития мировой и отечественной энергетики.



**ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ ОТ  
ОДНОЙ МОЛЕКУЛЫ МЕТАНА  
В 25 РАЗ МОЩНЕЕ, ЧЕМ  
ОТ ОДНОЙ МОЛЕКУЛЫ CO<sub>2</sub>**

### » Сергей Филиппов

В энергетике основная часть углекислого газа выбрасывается крупными установками, что упрощает задачу его улавливания. Выбросы же метана в основном связаны с добычей топлив и утечками из трубопроводов. Из-за неорганизованного характера с ними сложно бороться. И это серьезная проблема.

**А** какие сценарии развития рассматриваются для нашей энергетики?

### » Федор Веселов

Прежде чем рассматривать сценарии развития энергетики России, необходимо ответить на два вопроса: какой будет наша экономика и как изменятся глобальные энергетические рынки? Здесь много неопределенностей, поэтому приходится рассматривать широкий спектр сценариев, но основные из них — базовый, оптимистический и пессимистический. Мы исследуем их технологическую реализуемость, экономическую эффективность, устойчивость («что будет, если...») и влияние ресурсных ограничений.

Один из наиболее обсуждаемых секторов — электроэнергетика. Причем не только у нас, но и во всех странах, которые занимаются низкоуглеродным развитием. Как может трансформироваться ее технологическая структура, с учетом тех или иных требований по декарбонизации? Мы занимаемся обоснованием рационального решения.

В рамках проекта климатическая модель предсказывает изменение полей температуры и увлажненности на территории России, ведь с этим связана потребность в энергии. У нашей страны есть свои особенности. Во-первых, температура в России растет в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по планете, а во-вторых, сезонное распределение здесь весьма несимметричное. В центре европейской части страны наиболее интенсивно теплеют зима и весна, в частности январь, февраль и март. Но есть месяцы, которые почти нечувствительны к глобальным изменениям климата: это июнь, сентябрь и октябрь. Соответственно, можно ожидать снижения потребности в отоплении из-за резкого роста зимних и весенних температур. Но, с другой стороны, умеренно растут и летние температуры, поэтому

### **ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА ОКАЖЕТ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ВОДНЫЕ РЕЖИМЫ ГЭС, ПАРАМЕТРЫ СОЛНЕЧНЫХ И ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

люди будут больше нуждаться в кондиционерах — в основном, в южных районах, где и без того достаточно тепло. Изменение климата окажет также существенное влияние на производственные показатели тепловых электростанций, водные режимы ГЭС, параметры солнечных и ветряных электростанций из-за корректировки ветровых характеристик и облачности. Наша модель это учитывает.

В ходе проекта мы попытались уточнить и мощность основных источников выброса метана в нашей стране. Почему именно метана? Буквально 2–3 года назад выяснилось, что этот газ играет необыкновенно важную роль в глобальном потеплении. Парниковый эффект от одной молекулы метана в 25 раз мощнее, чем от одной молекулы CO<sub>2</sub>. При этом у метана крайне малый срок жизни в атмосфере — всего 9,1 года, что на порядок меньше, чем у CO<sub>2</sub>. Таким образом, если удастся снизить эмиссию метана, то его концентрация в атмосфере упадет гораздо быстрее. Для нас это крайне актуально, поскольку Россия — страна газа и угля, а их добыча сопряжена с выбросами CH<sub>4</sub>.



В нашем проекте рассматривается вариант, связанный с более быстрым переходом на новые технологии, прежде всего в газовой энергетике. Он также подразумевает более интенсивное развитие атомной энергетики и развитие распределенной малой энергетики, в том числе на основе возобновляемых источников энергии. Такой подход вписывается в приемлемые параметры по сокращению

**В НАШЕМ ПРОЕКТЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ ВАРИАНТ, СВЯЗАННЫЙ С БОЛЕЕ БЫСТРЫМ ПЕРЕХОДОМ НА НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО В ГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

выбросов парниковых газов, а также требуемым инвестициям и ценовой нагрузке на потребителей энергии. Но здесь мало сказать «надо», нужно предложить, каким образом лучше осуществить такую

трансформацию. И это уже межотраслевая задача, которая должна решаться в связке с развитием соответствующих отраслей промышленности.

**Сейчас в экономике России происходят сложные процессы, как это будет влиять на развитие энергетики?**

**Владимир Малахов**

Это самая актуальная и спорная часть не только наших исследований, но и общего контекста развития страны. В классическом варианте сначала в экономических моделях задается рост экономики, а потом рассчитываются спрос на энергию, динамика требуемых энергетических мощностей, их структура. Но этот подход применим, если цели не столь амбициозны и горизонты прогноза не столь длительны. Когда речь идет об углеродной нейтральности через 40–50 лет, надо понаблюдать на макроуровне: как будет выглядеть такая экономика?



Ведь можно построить самые эффективные электростанции, лучшие трубопроводы, но это дорого. И в результате мы лишимся своего главного преимущества — дешевой энергии.

Тогда возникает закономерный вопрос о конкурентоспособности экономики: что она сможет предложить не только миру, но и стране? Поэтому подход к декарбонизации должен быть разумным.

**МОЖНО ПОСТРОИТЬ САМЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ЛУЧШИЕ ТРУБОПРОВОДЫ, НО ЭТО ДОРОГО. И В РЕЗУЛЬТАТЕ МЫ ЛИШИМСЯ СВОЕГО ГЛАВНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА — ДЕШЕВОЙ ЭНЕРГИИ**

Сейчас есть более актуальные задачи, стоящие перед нашей экономикой: прежде всего, это достижение технологической независимости. Необходимо быстрое импортозамещение, особенно в условиях жестких ограничений и внешнего давления. Если при этом параллельно стремиться к достижению углеродной нейтральности, то решение задачи становится намного сложнее.

Есть опыт модернизации экономики других стран: Китая, Индии, Вьетнама. Мы рассматриваем динамику структуры их макроэкономических показателей, например как использовался ВВП, и определяем, насколько это применимо к России. Исходя из таких расчетов, можно строить наиболее благоприятные сценарии, искать возможности для ускоренного развития экономики нашей страны на стратегическую перспективу. И затем уже считать спрос на энергию, и не только на нее.



Все это, конечно, большая задача. При ее решении необходимо учитывать множество разнообразных факторов, интересы производителей и потребителей энергии и так далее. Потому пришлось разработать несколько комплексов математических моделей как верхнего уровня, где представлены макропоказатели, так и нижнего — межотраслевые и региональные, которые учитывают отраслевую и территориальную специфику.



### 3 Заинтересованы ли частные компании в ваших моделях?

#### » Александр Кейко

Особенность нашего проекта по гранту РНФ — очень большая глубина прогноза: он ориентирован на сверхдолгосрочную перспективу. На таких периодах времени планирование может позволить себе только государство. И оно должно предложить частным компаниям взаимовыгодную стратегию, чтобы и бизнес сохранился, и поступления от него шли в бюджет, и климатические цели были достигнуты.

#### » Федор Веселов

Тем не менее, некоторые компании вынуждены планировать свое развитие именно на такую перспективу, так как они работают с долгосрочными технологиями.

И для них наши прогнозные результаты крайне актуальны. В частности, мы достаточно плодотворно сотрудничаем с проектным направлением «Прорыв» в концерне «Росатом», которое занимается переходом к новому типу двухкомпонентной атомной энергетики. Также совместно с компанией «РусГидро» мы рассматриваем эффекты от развития гидроэлектростанций, причем не просто как от технологии для производства электроэнергии, а как от комплексных объектов, влияющих на экономику и социальную сферу регионов.

#### » Александр Кейко

Важно отметить, что при прогнозировании на сверхдальнюю перспективу возникает серьезная методологическая проблема. Какие бы высокоразвитые технологии из существующих ни закладывались в модель, все равно не удастся надежно предугадать технологическую структуру энергетики через 30–40 лет, даже не смотря на ее большую инерционность.



На таких отрезках времени экстраполяция не работает. Поэтому сначала требуется провести большую работу по обоснованию новых технологий, которые станут возможны в будущем, и спрогнозировать их показатели, чтобы заложить в модель.

### ОСОБЕННОСТЬ НАШЕГО ПРОЕКТА — ОЧЕНЬ БОЛЬШАЯ ГЛУБИНА ПРОГНОЗА: ОН ОРИЕНТИРОВАН НА СВЕРХДОЛГОСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

Кроме того, необходимо учесть и те технологии, которые сегодня еще не реализованы, ведь они потянут вместе с собой целый шлейф вторичных инфраструктурных преобразований.

Потому в рамках проекта приходится рассматривать новые типы атомных реакторов, новые термодинамические циклы, продвинутые технологии возобновляемой энергетики, в частности четвертое поколение фотоэлектрических преобразователей, и многое другое. При этом возникает масса вопросов. Например, из области экзотики: сможем ли мы запустить космические электростанции к 2060 году? Будут ли они более эффективны, чем наземные?

Где их лучше размещать: на околоземной орбите или на Луне? Появится ли управляемый термоядерный синтез к тому времени? В результате за пределами моделей, о которых говорили коллеги, существует обширная «замодельная» часть: выбрать те технологии, которые нужно учитывать в расчетах при прогнозировании до 2060 года. Такой подход позволяет сопоставить в энергетических моделях конкурентоспособность новых и существующих технологий.

### Какую роль РНФ играет в ваших исследованиях?

#### » Сергей Филиппов

Российский научный фонд позволил нам организовать сложный междисциплинарный и межотраслевой проект. Для решения поставленных задач пришлось привлекать и климатологов, и экономистов, и технологов, и математиков, и программистов. Другим образом это сделать едва ли удалось. Спасибо РНФ за то, что появилась подобная возможность: и поставить, и решить такую задачу! А ведь она очень актуальна для страны. Существование Фонда — большое подспорье для отечественной науки, это факт.





# БЛАГОДАРЯ ПОДДЕРЖКЕ ФОНДА МЫ СОЗДАЛИ ГРУППУ ЕДИНОМЫШЛЕННИКОВ



ВАЛЕРИЙ СТЕННИКОВ

директор Института систем энергетики имени Л. А. Мелентьева  
Сибирского отделения РАН, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ, академик РАН

**Россия входит в пятерку крупнейших производителей электроэнергии в мире. Фундамент Единой энергетической системы (ЕЭС) был заложен более ста лет назад. В XXI веке энергетика вступила в эпоху масштабной трансформации. Развитие цифровых и интеллектуальных технологий на наших глазах меняет привычную структуру ЕЭС и закладывает новые принципы работы. Энергетические системы интегрируются, становясь сложными киберфизическими структурами, а впереди нас ждет появление единой метасистемы с новыми технологическими возможностями. Проектирование таких комплексов — непростая задача, и для ее решения оптимально использовать цифровые двойники. Ученые Института систем энергетики Сибирского отделения РАН под руководством Валерия Стенникова создают платформу, которая поможет инженерам синтезировать модели реальных интегрированных энергетических систем.**

**Что представляет собой Единая энергосистема России сегодня? Готова ли она к вызовам XXI века?**

Энергокомплекс России — крупнейший на планете, уникальный по структуре и конфигурации. Чтобы наглядно представить масштаб, приведу несколько цифр. ЕЭС обеспечивает энергоснабжение миллионов потребителей на огромной

территории, которая объединяет 11 часовых поясов. По суммарному производству электроэнергии наша страна занимает четвертое место в мире после Китая, США и Индии. Мощность энергосистемы России составляет около 250 тыс. мегаватт, а всего в ее структуре действуют 911 крупных электростанций мощностью более 5 мегаватт.





К вызовам российской энергетике не привыкать. В конце XX века после распада СССР единая энергосистема была разделена организационно, технологически и территориально. Стартовавшая в 2001 году реформа по ряду причин не достигла поставленных целей. Приток инвестиций не состоялся, физическое и моральное старение оборудования продолжается, рост тарифов не приостановился и так далее. Обостряется ситуация с ведомственной разобщенностью организационного и технологического процессов. Крупная генерация и системообразующие сети находятся в одном ведомстве, распределительный электросетевой комплекс и малая энергетика — в другом, проблемы энергосбережения — в третьем. Тем не менее, отрасль продолжает работать и принципиально готова к возрастающим нагрузкам и технологическим преобразованиям. Нивелировать негативные

факторы помогает задел, созданный еще в советский период.

**Сегодня энергетика России столкнулась с новыми сложностями, вызванными уже внешними факторами — экспортно-импортными ограничениями. Как новая реальность повлияла на ЕЭС?**

Современное производство оборудования подразумевает взаимодействие экономик разных стран. Российский рынок многие годы был связан с западным, поэтому доля иностранных технологий, оборудования и материалов достигает у нас в разных отраслях 20–70%.

**РОССИЙСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА ПРОДОЛЖАЕТ РАБОТАТЬ И ПРИНЦИПИАЛЬНО ГОТОВА К ВОЗРАСТАЮЩИМ НАГРУЗКАМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ**

Теперь это обернулось определенными проблемами: с поставками силовой электроники, аппаратуры автоматики, систем хранения энергии, интернет-технологий. Большое значение имеет также то обстоятельство, что передовые технологии контроля и управления в энергетике основаны на микросхемах большой интеграции\*, которые не производятся в России. Отечественная промышленность перестраивается под новые реалии, но этот процесс требует больших затрат, времени и компетенций. Все перечисленные аспекты нужно серьезно анализировать, определять вектор развития, оценивать последствия принимаемых решений, и здесь необходим системный научный подход.

**Как меняется парадигма развития современной энергетики в общемировом масштабе?**

Глобальные трансформации, происходящие в рамках смены технологического уклада, являются объективными, они не зависят от конъюнктурных, политических или других предпочтений. К основным трендам стоит отнести такие, как интеллектуализация, распределенная генерация, участие потребителей в регулировании собственного спроса, переход на безуглеродную энергию, энергоэффективность.

\* Схемы, содержащие свыше 100 элементов.

Исследовательская группа под руководством Валерия Стенникова





В перспективе технологическая инфраструктура современных энергосистем будет преобразовываться в сложную человеко-машинную систему, включающую в себя сотни тысяч различных технических элементов, взаимосвязанных между собой.

Их цель — в режиме реального времени производить, транспортировать и распределять электроэнергию. Стратегические цели — повысить эффективность системы, снизить ее негативное воздействие на окружающую среду и сделать энергоснабжение доступным для всех потребителей. Решение этой триединой задачи невозможно без перехода к новой технологической парадигме. Она будет основываться на достижениях информационных и телекоммуникационных технологий, широкой интеллектуализации и интеграции энергетических систем электро-, тепло-, холодо-, газоснабжения в единую метасистему.

### СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ — ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ, СНИЗИТЬ ЕЕ НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И СДЕЛАТЬ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ДОСТУПНЫМ ДЛЯ ВСЕХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В рамках этого же глобального процесса значительно меняются архитектура и принципы построения распределительного электросетевого комплекса. Если раньше сети только передавали энергию, то теперь они могут и передавать, и принимать ее от электростанций, изменяя направления потоков энергии.

Кроме того, энергокомпании становятся более клиентоориентированными, то есть направленными на удовлетворение потребностей населения и промышленности в качественной электроэнергии. Растет инвестиционная привлекательность энергопредприятий. Они начинают все больше участвовать в развитии своих систем, не перекладывая эту задачу только на потребителей.

Отрасль постепенно переходит к экологически чистой энергетике, включая нетрадиционную и возобновляемую, и как промежуточный этап этого процесса — широкое применение природного газа.

Помимо этого, отмечается последовательный переход к технологически взаимосвязанной инфраструктуре электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения. Важную роль начинают играть децентрализованные распределенные системы энергоснабжения,

причем не только в изолированных районах.

Стоит отметить и постепенное внедрение интернета вещей и интернет-энергии, когда потребитель сам может выбрать любого поставщика. Роль науки в успешной реализации этих векторов развития невозможно

переоценить. Новая парадигма в энергетике базируется на глубоких научно-технических разработках, которые, в свою очередь, основаны на системном подходе, учитывающем всю совокупность факторов, включая риски и угрозы.



**В рамках проекта РНФ ваша группа создает цифровой двойник для проектирования интегрированных энергетических систем — ИЭС. Что подразумевает это понятие?**

Как я сказал выше, современная энергетика — это сложный инфраструктурный комплекс, в состав которого входят элементы топливо-, электро-, тепло- и холодо-снабжения. Каждое направление имеет свою производственную, транспортную и распределительную структуры. С одной стороны, эти системы независимы, с другой, — могут взаимодействовать между собой. Это говорит об их естественной

интеграции, которая усиливается по мере формирования интеллектуальной, информационной и телекоммуникационной среды.

Объединенные на интеллектуальной основе системы всех видов энергоснабжения представляют собой интегрированную энерготехнологическую метасистему, которая сочетает в себе многокомпонентность, эффективность, надежность, управляемость, а также гибкое использование технологий преобразования, транспортировки и хранения энергии.





Такие системы уже получили развитие за рубежом. «Пилоты» ИЭС внедряются в семи странах мира: Китае, Германии, Дании, Нидерландах, Финляндии, Франции и Швеции. Самый передовой проект — «Объединенные эффективные крупномасштабные интегрированные городские системы», изначально связавший Гетеборг, Женеву, Кельн, Лондон и Роттердам. В последние годы к проекту подключились еще несколько десятков европейских городов.

В России аналогом таких систем можно назвать ТЭЦ\*, которая потребляет топливо и производит одновременно электроэнергию и тепло. Затем по городским коммуникациям энергоносители поставляются потребителям, которые используют и газ, и электроэнергию, и тепло, и холод. Нередко один энергоноситель превращается в другой, например электричество преобразуется в тепло или холод.

\* ТЭЦ — теплоэлектроцентраль.

#### Как создание цифрового двойника способствует развитию ИЭС?

Проектирование таких сложных комплексов — это задача со звездочкой, требующая специального оборудования, программного обеспечения и научных компетенций для разработки математических моделей.

**ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК —  
ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ  
РЕАЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО  
ОБЪЕКТА, ТОЛЬКО НЕ ЗАСТЫВШАЯ,  
А ДИНАМИЧЕСКАЯ, КОТОРАЯ  
РАЗВИВАЕТСЯ ВМЕСТЕ СО СВОИМ  
АНАЛОГОВЫМ ПРОТОТИПОМ**

Цифровой двойник — виртуальная модель реального физического объекта, только не застывшая, а динамическая, которая развивается вместе со своим аналоговым прототипом. Для его создания нужно импортировать концептуальные модели, разработанные с помощью специальных программных средств — BIM, CAD, GIS — либо отсканировать физические объекты в реальном мире.

Двойник позволяет объединить в одном цифровом пространстве различные математические, информационные и интеллектуальные составляющие. С помощью виртуальной модели можно проводить эксперименты и проверять гипотезы, решать задачи управления. При этом всех их можно проиграть, не подвергая опасности реальную систему. В результате у разработчиков уходит меньше времени на трудоемкие вычисления, качество принимаемых решений растет, а затраты на сооружение и эксплуатацию реальной

ИЭС снижаются. Цифровые двойники активно применяются в российской энергетике, а драйвером в этой сфере выступает нефтегазовая отрасль.

#### Какие результаты ваша группа получила в рамках проекта?

Прежде чем приступить к работе, мы детально разобрались с объектом исследований, архитектурой его построения и новыми свойствами. Энергетические системы становятся сложными киберфизическими структурами. Поскольку это новые для нас технологические объекты, нужно разработать для проектирования новые методические и вычислительные инструменты. Использовать зарубежные аналоги мы не можем не только из-за внешних условий, но и потому, что мы имеем дело с более масштабными и сложными системами.

Институт систем энергетики имени Л. А. Мелентьева  
Сибирского отделения РАН





## МЫ СТРОИМ ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ТЕОРИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

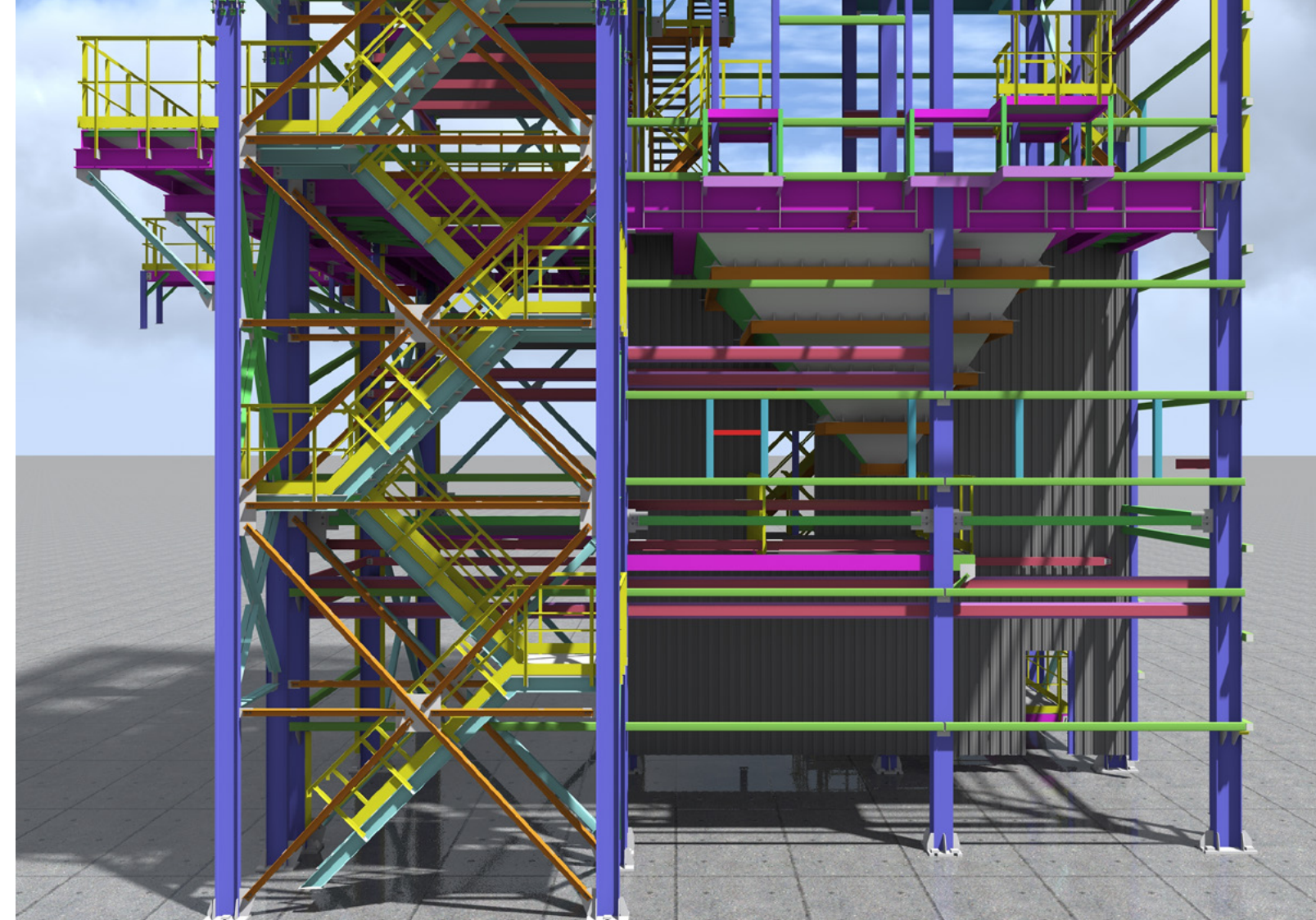
Мы предложили оригинальный подход для создания программной платформы, предназначенной для построения цифровых двойников ИЭС. Суть нашей идеи в интеллектуальном построении цифрового двойника на базе математических моделей, методов и алгоритмов, теорий гидравлических и электрических цепей. Для автоматизации этапов построения платформы наша группа предлагает использовать концепцию *Model Driven Engineering*\*.

Платформа имеет универсальный характер и может быть применена для систем, которые располагаются на разных территориях и имеют свои особенности. Кроме того, инструментарий может использоваться для создания виртуальных моделей отдельных энергосистем.

Платформа позволяет проектировать их следующим образом: инженер создает компьютерную модель ИЭС с описанием ее конфигурации. На этой основе в автоматизированном режиме строится цифровой двойник, то есть формируются структуры данных, определяется набор математических моделей и алгоритмов, объединяются программные компоненты, формируется хранилище данных и создается система обработки и обмена данными с внешней средой.

\* Совокупность методических подходов к автоматизированному построению сложных программных систем на основе предварительно разработанных моделей.

Профессор Валерий Стенников с рабочей группой



▲ BIM-модель промышленного объекта

Результаты моделирования на виртуальном прототипе используются для построения реальной ИЭС. В свою очередь, на основе данных с характеристиками реальной энергосистемы можно построить ее цифровой двойник.

По мере развития вычислительных ресурсов, появления интернета вещей, сетей 5G и облачных вычислений у цифровых двойников появятся новые возможности. Уверен, что в ближайшем будущем мы услышим также про умные цифровые двойники на основе искусственного интеллекта. Объединившись, они сформируют уже единую цифровую модель. Это заметно расширит круг задач и услуг. Но и в наши дни уже неоспоримо: виртуальные прототипы стали ведущим трендом технологической трансформации энергетики.

**Насколько сама отрасль, считающаяся консервативной, готова к внедрению ИЭС? Есть ли запрос от энергетиков?**

Проблема не столько в консервативности отрасли, сколько в нашей ментальности и несовершенстве организации системы управления. У нас традиционно не энергетики идут к потребителям с предложением по их энергоснабжению, а потребители пытаются убедить энергетиков, что они им нужны. Но ситуация постепенно меняется к лучшему, и сегодня потребитель уже включается в управление: сооружает свои источники энергоснабжения, переносит пики нагрузки. Так, в 2019 году ввод новой мощности малых нетрадиционных источников превысил ввод крупной традиционной генерации.



## ПОТРЕБИТЕЛЬ ТОЖЕ ВКЛЮЧАЕТСЯ В УПРАВЛЕНИЕ: СООРУЖАЕТ СВОИ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, ПЕРЕНОСИТ ПИКИ НАГРУЗКИ

И этот процесс продолжается — производство энергии все больше переносится к месту потребления. В результате системообразующие крупные сети становятся менее задействованными в энергоснабжении, перетоки энергии по ним сокращаются.

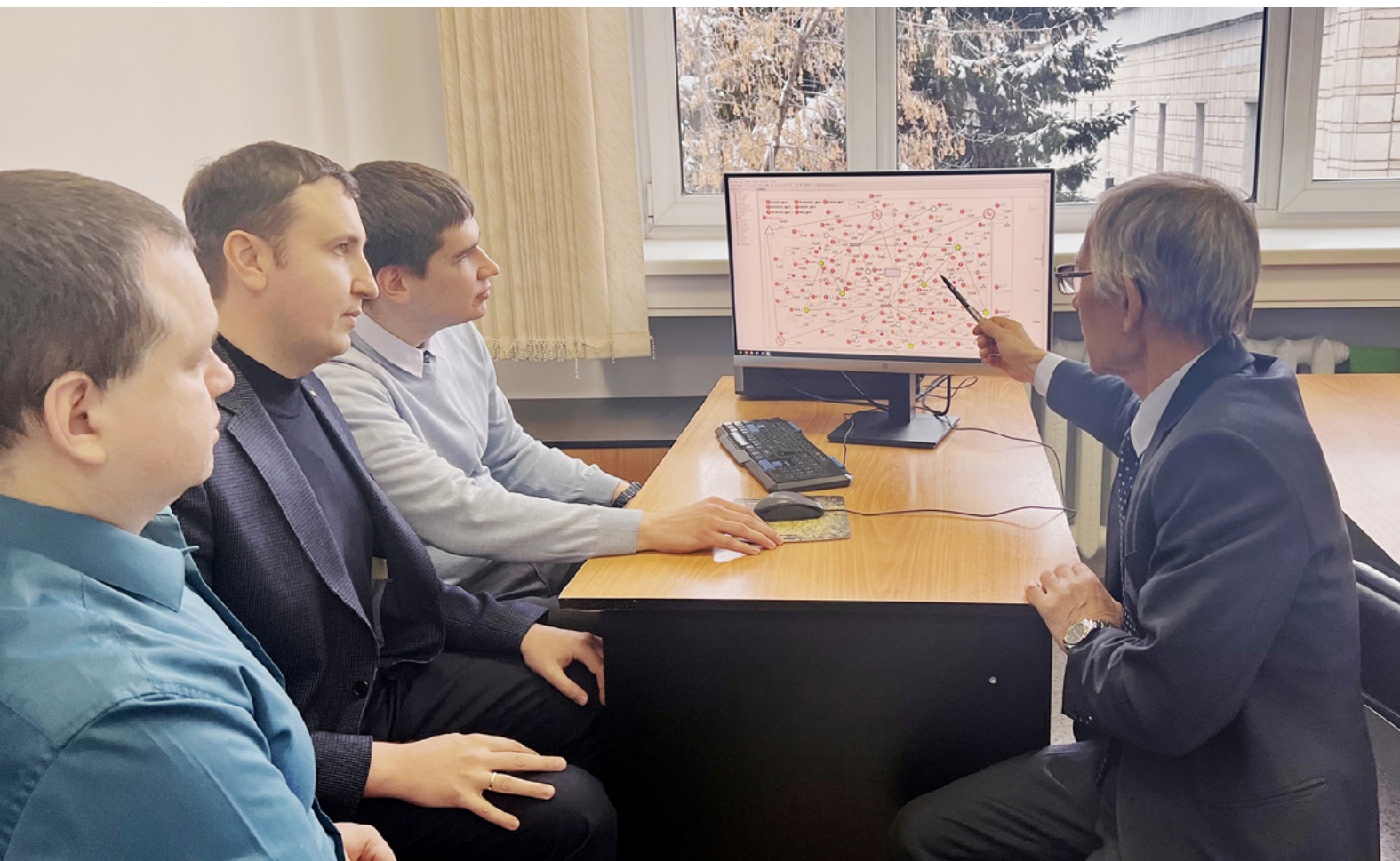
Еще один позитивный момент заключается в том, что между энергетиками и производителями возник новый тип конкуренции. Компании выпускают оборудование, которое позволяет потребителям самостоятельно обеспечивать себя энергией.

Все это стимулирует развитие единой информационной системы, применение технологий больших данных, облачных вычислений, а также цифровых двойников

для всех технологических энергетических систем, опять же в составе ИЭС.

### Какие препятствия могут возникнуть на этом пути?

Рисков успешной трансформации отечественной энергетики достаточно: это и проблемы износа оборудования, и экономические ограничения, и инвестиционные проблемы, и доступность рынка оборудования и технологий, и преобладание монопольной организации энергетических структур, и ужесточение экологических требований.



Вместе с тем процессы технологической трансформации энергетики не остановить. Их можно только либо замедлить, либо идти с ними в ногу.

### Ваши исследования по созданию цифровых двойников поддерживает Российский научный фонд. Чем вам помогает грант РНФ?

Система поддержки Фонда позволяет отбирать наиболее перспективные проекты. Считаю, именно этот критерий должен быть основным.

Получение гранта РНФ говорит о том, что заявленная тематика и коллектив признаны научной общественностью. Благодаря поддержке Фонда мы создали группу единомышленников и можем сообща решать задачу в русле мировых тенденций трансформации энергосистем.

Также грант позволил нам апробировать результаты в виде публикации и докладов на отечественных и зарубежных конференциях. Это очень важно. Мы получили положительные отзывы от российских и зарубежных коллег. Актуальность, новизна постановки и дополнительные финансовые стимулы позволили заинтересовать молодых ученых и привлечь к исследованиям студентов.

## БЛАГОДАРИ ПОДДЕРЖКЕ ФОНДА МОЖЕМ СООБЩА РЕШАТЬ ЗАДАЧУ В РУСЛЕ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ



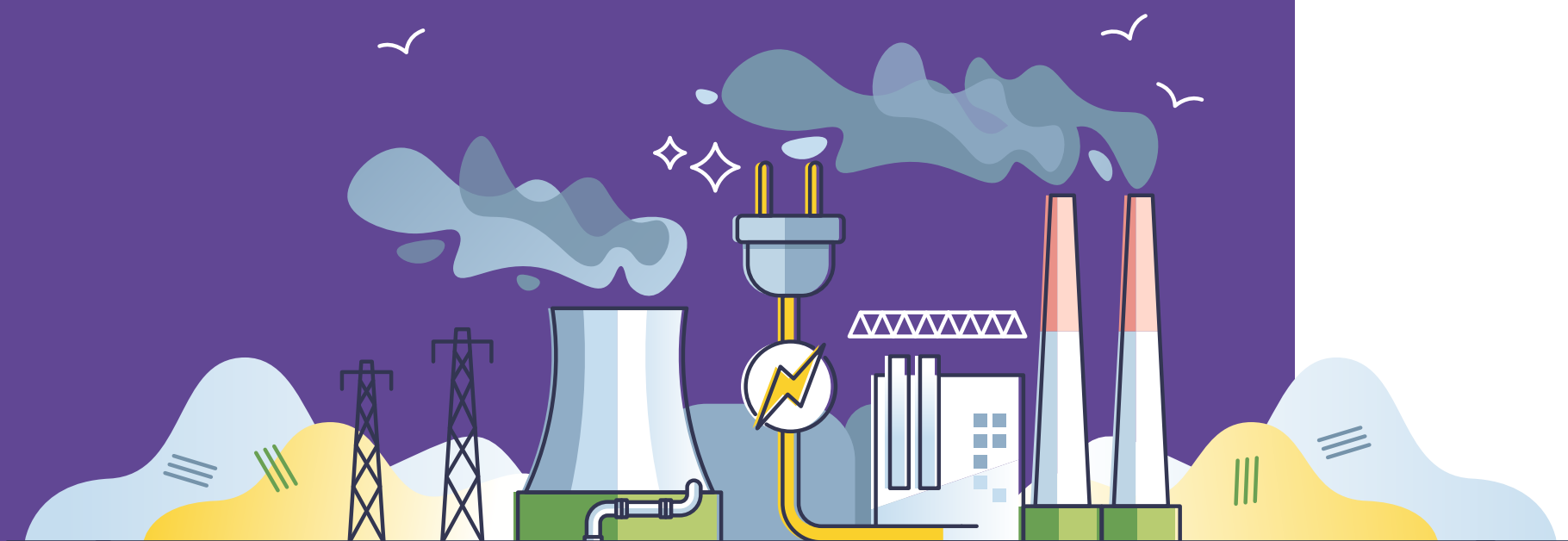


# СПЕЦ ПРО ЕКТ



# НАУКА НА ОСТРИЕ ПЕРЕМЕН

Четвертая часть публикаций завершает специальный проект Российского научного фонда 2023 года «Наука на острие перемен». Статья посвящена интенсивно развивающимся направлениям научных исследований в области электроэнергетики. Ученые создают передовые разработки в сфере безуглеродной энергетики, использования органического топлива и внедрения распределенной энергетики.



## ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Тысячелетиями наша цивилизация училась извлекать и использовать новые виды энергии. В древности люди сжигали дрова для получения тепла и света, а сегодня мы полагаемся на газ, уголь и энергию атомного распада. При этом спрос на энергию постоянно растет, и вместе с ним неизбежно развиваются технологии.

Энергетика не только помогает согреть наши дома и готовить еду, она толкает экономику страны вперед и становится катализатором перехода к устойчивому и экологически чистому будущему. Около 80% электричества все еще производится за счет ископаемого топлива, но постепенно набирают популярность альтернативные, или зеленые, источники — энергия солнца, ветра, биотопливо. Вместе с грантополучателями РНФ мы обсудили перспективные направления энергетики и поговорили о том, какие вызовы стоят перед отраслью сегодня.





## ЭНЕРГЕТИКА И КЛИМАТ

При сжигании органического топлива — угля, нефти и газа — в атмосферу выбрасываются парниковые газы. Они окутывают нашу планету, удерживая солнечное тепло и повышая ее температуру. Все это приводит к изменению климата, которое несет угрозу не только для экологии и здоровья людей, но и для энергетических систем страны. Чтобы снизить негативное давление на окружающую среду и адаптировать энергетику к новым условиям, ученые разрабатывают прогностические модели и технологии по снижению углеродного следа.



### ОЛЕГ ЛОКТИОНОВ

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент кафедры инженерной экологии и охраны труда Московского энергетического института



### Большая проблема в нашей области — закрытость исходных данных, которые нужны для создания моделей



Россия занимает обширную территорию, и энергосетевой комплекс страны из-за своей высокой территориальной рассредоточенности — одна из наиболее уязвимых отраслей, подверженных влиянию климатических условий. В нашем проекте мы создаем методологические подходы и модели для оценки фактической вероятности возникновения аварий на объектах на основе исторических данных, а также для прогнозирования возможных



сбоев в результате изменения климата — в частности, ветровых нагрузок. Дело в том, что за последние 5–7 лет доля отказов оборудования, связанных с климатическими факторами, составила порядка 40%, а на ветровые нагрузки приходится примерно половина таких аварий. Причем самыми уязвимыми из всех объектов электросетевого комплекса являются воздушные линии электропередачи — на их долю приходится примерно 60% всех климатических аварий.

Большую проблему в нашей области представляет закрытость исходных данных, необходимых для создания моделей. В доступных отчетах крупных электросетевых компаний часто отсутствует детальное описание причин аварий, из-за чего крайне трудно понять, почему произошел сбой. В рамках проекта мы создали парсер\*, который собирает с сайтов информацию о технологических нарушениях. Также мы разработали инструмент на базе семантического

анализа, который по ключевым словам находит сбои, связанные с ветровыми нагрузками. При этом было учтено косвенное воздействие, например падение деревьев и веток на линии электропередач, поскольку это тоже зачастую является следствием влияния повышенных скоростей ветра.

Вероятностные модели аварийности электросетевого комплекса в зависимости от скорости ветра актуальны для бизнеса. Так, мы создали методику оценки риска возникновения технологических нарушений на объектах электросетевого комплекса, которая может быть востребована такими компаниями, как ПАО «Россети», ПАО «Русгидро» и другими организа-

циями, осуществляющими передачу и распределение электроэнергии. Кроме того, мы участвуем в обсуждении нормативных документов и в непосредственной работе с регуляторами в лице Минэнерго России и Ростехнадзора, поскольку многие справочные материалы и документы по нашему направлению уже устарели, их необходимо актуализировать.

**МЫ СОЗДАЛИ МЕТОДИКУ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА, КОТОРАЯ МОЖЕТ БЫТЬ ВОСТРЕБОВАНА ТАКИМИ КОМПАНИЯМИ, КАК ПАО «РОССЕТИ», ПАО «РУСГИДРО»**

\* Парсер — программа для сбора и систематизации информации, размещенной на различных сайтах.





**МИХАИЛ ВЛАСКИН**

кандидат технических наук, заведующий лабораторией энергоаккумулирующих веществ Объединенного института высоких температур РАН



**Мы сможем не только снизить углеродный след, но и удешевить процесс получения полезных продуктов**

Сегодня водород в основном получают путем паровой конверсии, в результате которой образуется побочный продукт — углекислый газ. Как известно, он негативно влияет на окружающую среду. Мы предлагаем альтернативную технологию — пиролиз. Это процесс, при котором метан разлагается на углерод и водород при высокой температуре без доступа кислорода. С одной стороны, это довольно простая химическая реакция, но в промышленном масштабе ее пока еще никто не реализовал.

Благодаря пиролизу мы сможем не только снизить углеродный след, но и удешевить процесс получения полезных продуктов. Исходный материал — это природный газ, запасы которого в нашей стране огромны, поэтому технология сегодня привлекает многих. Так, нашим промышленным партнером стал «Лукойл», вместе с которым мы разрабатываем способ разложения углеводородов, содержащихся в попутном нефтяном газе, выделяющемся при добыче сырья.

Наша область достаточно конкурентна, все больше коллективов подключаются к решению этой проблемы. Главная трудность заключается в технических ограничениях на пути к масштабированию процесса. Если их преодолеть, то пиролиз получит широкое распространение, так как с экономической точки зрения он крайне выгоден.



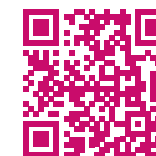
**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА**

Запасы органического топлива ограничены: согласно прогнозам, при текущем уровне энергопотребления нефть закончится к 2070 году, а природный газ — через столетие. Поэтому сегодня человечество учится более эффективно использовать имеющиеся ресурсы, минимизируя потери в процессах преобразования энергии. Кроме того, развиваются зеленые технологии, и все больше внимания получают возобновляемые источники, которые обладают большим потенциалом для производства энергии.



**ДМИТРИЙ ПАЩЕНКО**

кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Самарского государственного технического университета



**Главное препятствие — сложность взаимодействия с бизнесом**

Современное развитие теплоэнергетики и теплотехники в основном сфокусировано на двух направлениях: повышение энергетической эффективности и переход к использованию низко- или безуглеродных топлив. Разрабатываемый в рамках гранта РНФ проект затрагивает оба вектора.





Нефтегазовый комплекс



**ЕКАТЕРИНА ЦИПИС**

кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории спектроскопии дефектных структур Института физики твердого тела имени Ю. А. Осипьяна РАН



**Метаносодержащий газ можно эффективно утилизировать**

Мы исследуем возможность эффективной утилизации метаносодержащего газа, который выделяется в шахтах при добыче угля и на свалках при компостировании мусора. С одной стороны, выбросы метана представляют серьезную угрозу для экологии, а с другой — метан является источником тепловой и электрической энергии, поэтому представляет интерес.

В ходе проекта мы оценили годовые объемы метана, образующегося на крупных полигонах твердых коммунальных отходов в России. Большая часть таких отходов утилизируется на свалках, но лишь немногие из них оборудованы системами сбора выделяющегося биогаза. По нашим оценкам, общее количество метана в выбросах составляет примерно 2,7 млн в год. Это 3,3 тысячи гигаватт-час электроэнергии и 1,5 тысячи гигаватт-час тепловой энергии, если для утилизации газа будут использоваться твердооксидные топливные элементы.

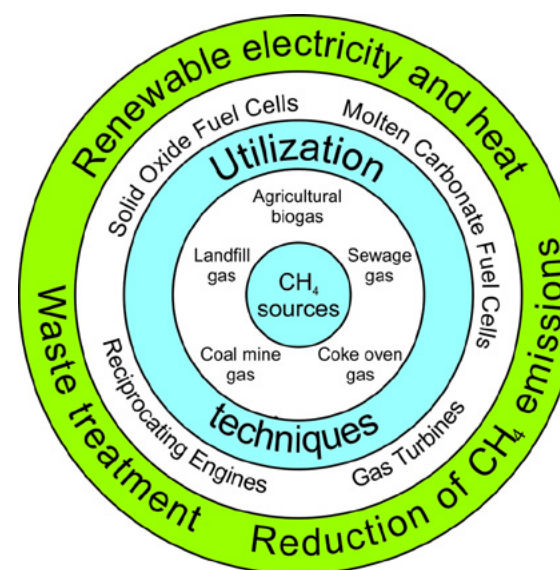
Мы экспериментально продемонстрировали перспективность этой технологии. Были предложены и исследованы новые каталитически-активные компоненты анодов батарей твердооксидных топливных элементов, которые обеспечивают их оптимальную работу при использовании метаносодержащих газовых смесей, включающих примеси сероводорода. В дальнейшем мы планируем провести испытания батарей на реальных свалочных газах, а также оценить потенциал шахтного метана для получения тепловой и электрической энергии.

В частности, мы исследуем способ повышения энергетической эффективности теплоэнергетических и теплотехнологических установок за счет термохимической рекуперации\* теплоты высокотемпературных вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

Концепция этого способа основана на использовании ВЭР для производства обогащенного водородом газа, который сжигается в качестве топлива. Другими словами, тепловые отходы применяются для выработки топлива, в составе которого находится до 60% водорода. Благодаря нашей схеме, с одной стороны, повышается энергетическая эффективность за счет рекуперации теплоты ВЭР. С другой стороны, результатом рекуперации является водородсодержащий газ с более низким углеродным следом, чем у природного газа, например.

Итоги научного труда нашли отражение в создании системы рекуперации теплоты для печи подогрева нефти нефтеперекачивающей станции. Сейчас мы адаптируем разработки для повышения энергетической эффективности газотурбинных установок газоперекачивающих агрегатов. Однако применение научных результатов на практике сталкивается со множеством препятствий, главное из которых — это сложность взаимодействия с бизнесом. То, что мы делаем, частично нарушает устоявшиеся технические условия на теплоэнергетических и теплотехнологических установках, и необходимо приложить огромные усилия, чтобы внедрить инновационную разработку. Это связано с тем, что теплоэнергетика — достаточно консервативная отрасль, и многое в ней зависит от нашей личной инициативы.

\* Возвращение, улавливание веществ, расходуемых при технологических процессах, с целью их повторного использования



Источники метан-содержащих сбросных газов и основные преимущества их потенциального использования для производства электрической и тепловой энергии





## БЕЗУГЛЕРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Сложно подсчитать, сколько электроэнергии каждый из нас потребляет ежедневно, поэтому вопрос экологичного производства, а также истощаемости традиционного топлива с каждым годом становится острее. Ученые ищут решения, которые помогут человечеству уменьшить углеродный след и позволят использовать более экономичные, экологичные и ресурсосберегающие источники: солнечную, ветровую, гидро- и атомную энергию.



### ЕКАТЕРИНА КОЗЛОВА

доктор химических наук, ведущий научный сотрудник отдела гетерогенного катализа Института катализа СО РАН, профессор РАН



### Использование водородной солнечной энергетики — выгодно



Актуальность освоения возобновляемых источников энергии продиктована стремлением человека уменьшить негативное влияние на окружающую среду из-за выбросов углекислого газа, а также истощаемостью мировых запасов традиционного топлива. В Институте катализа СО РАН мы занимаемся получением зеленого водорода — экологически чистого топлива, обладающего большой теплотой сгорания.



Есть несколько способов использования водорода для получения энергии. Мы синтезируем водород из воды с применением солнечной энергии. Солнечная энергия — мощный и неисчерпаемый ресурс, поэтому внедрение водородной солнечной энергетики выгодно по ряду причин. Также можно использовать водород в электрохимических устройствах и получать электричество, скажем, для электромобилей.

### СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ — МОЩНЫЙ И НЕИЩЕРПАЕМЫЙ РЕСУРС, ПОЭТОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ВЫГОДНО

Наша научная группа работает над созданием фотокатализаторов на основе нового материала: графитоподобного нитрида углерода — органического полимера с полупроводниковыми свойствами. Это доступный и экологически чистый фотокатализатор, в отличие от катализаторов на основе сульфида кадмия.

В рамках гранта РНФ мы ставили задачу добиться уменьшения количества платины, которая наносится на поверхность графитоподобного нитрида углерода. Благодаря нанесению платины из комплексов, которые мы синтезируем сами, нам удалось достичь высокой активности в получении водорода при меньших содержаниях благородного металла. Таким образом, мы снизили издержки процесса и увеличили экономический эффект.



Также у нас в институте работает Центр НТИ «Водород как основа низкоуглеродной экономики», где мы изучаем прикладные аспекты: например, проводим эксперименты по укрупнению реакторов для получения водорода. С помощью уникального оборудования — лампы, имитирующей солнечное излучение, — мы можем смоделировать условия солнечного

спектра для различных регионов: Новосибирска зимой или Самары летом. Катализаторы успешно работают в разных условиях, — полученные нами значения активности находятся на уровне самых высоких из опубликованных в литературе.

У бизнеса есть интерес к разработкам, однако, чтобы предложить конкретный продукт, сначала нужно выйти на более

высокий уровень готовности технологий, масштабировать их. Чем мы, собственно, и занимаемся. Сложно дать прогноз с далеким горизонтом, но возможно, через 15-20 лет мы увидим объекты распределенной энергетики в России.

**С ПОМОЩЬЮ УНИКАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ — ЛАМПЫ, ИМИТИРУЮЩЕЙ СОЛНЕЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, — МЫ МОЖЕМ СМОДЕЛИРОВАТЬ УСЛОВИЯ СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ**



▲ Исследовательская группа под руководством Екатерины Козловой



**АЛЕКСАНДР ЕГОРОВ**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела энергетических проблем Саратовского научного центра РАН



**Повышая безопасность обращения с водородом, мы добьемся увеличения эффективности работы АЭС**

У российских АЭС, по сути, отсутствует маневренная эффективность, они работают на стопроцентной загрузке. Наш научный коллектив решает эту проблему, разрабатывая методы на основе водородных технологий. Мы предложили и запатентовали принципиально новый подход к использованию водорода на АЭС: сжигание в независимом замкнутом цикле. За счет производства и аккумуляции водорода в ночной период и его сжигания днем мы сможем обеспечить маневренность АЭС.

В рамках проекта, поддержанного РНФ, мы решаем вопрос обеспечения безопасности обращения с водородом. Несмотря на то, что водород очень выгодный энергоноситель и имеет массу достоинств, это взрывоопасный газ, поэтому возможность его использования на весьма зарегулированной с точки зрения безопасности АЭС требует досконального изучения.

На Кольской АЭС реализуется пилотный проект по производству водорода. Процесс запущен: если производство допустили, то есть надежда, что использование водорода тоже разрешат в скором времени.





▲ Кольская АЭС.  
Источник: www.svel.ru

**В ПЕРСПЕКТИВЕ НАС ЖДЕТ БОЛЬШЕ КОМБИНИРОВАННЫХ АЭС, НА КОТОРЫХ БУДЕТ ПРИСУТСТВОВАТЬ ВОДОРОДНЫЙ ЭНЕРГОКОМПЛЕКС**

В перспективе нас ждет больше комбинированных АЭС, на которых будет присутствовать водородный энергокомплекс. Разрабатываемые нами математические модели и уравнения уникальны для России, — они никем ранее не изучены.

Проект развивает одно из направлений исследований, необходимых для перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике и выполнения целей «Стратегии научно-технического развития РФ». Повышая безопасность обращения с водородом при его использовании на атомной станции, мы добьемся увеличения эффективности работы АЭС. В перспективе это должно приводить к экономии топлива и снижению тарифов для потребителей. Таким образом, наши разработки помогут ощутимо снизить себестоимость электроэнергии и сделать ее экологически более чистой.

Поддержка РНФ помогла реализовать ряд исследовательских задач, но в моем регионе слабо развита экспериментальная база, поэтому в ходе работы приходится обращаться к московским коллегам, в ОИВТ РАН. Хотелось бы, чтобы регионы, в которых существует эта проблема, получали субсидии на развитие материальной базы.



**ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

В России большая часть электроэнергии доставляется от электростанций до потребителей при помощи централизованной системы, включающей линии электропередачи общей протяженностью 2,5 млн километров. Медленная модернизация и цифровизация этого комплекса, существенная зависимость от органического топлива, а также большие потери энергии при передаче требуют новых решений. Вместе с государственными и коммерческими институциями ученые создают модели и элементную основу для активного внедрения распределенной энергетики — локальных объектов, требующих меньше ресурса на работу, позволяющих снизить потери при транспортировке и аварийность сетей электроснабжения.



**ФЕЛИКС БЫК**

кандидат технических наук, доцент Новосибирского государственного технического университета



**Нужно повышать долю совместного производства тепловой и электрической энергии**

Потенциал существующей централизованной энергетики почти полностью исчерпал себя. Энергокомплекс потребляет около 30% добываемого в стране углеводородного топлива, при этом показывает низкую энергетическую эффективность производства и недостаточный уровень ресурсосбережения при передаче электроэнергии.



**НАШ КОЛЛЕКТИВ РАЗРАБАТЫВАЕТ  
МОДЕЛИ И МЕТОДЫ, КОТОРЫЕ  
ПОМОГАЮТ РЕГИОНАЛЬНЫМ  
ОРГАНАМ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ  
МЕНЯТЬ ОТНОШЕНИЕ К ОБЪЕКТАМ  
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

В итоге потребители вынуждены оплачивать содержание избытков в генерирующем и сетевом комплексах, а стоимость электроэнергии растет, опережая темпы инфляции. Противоречия между энергетикой и потребителями нарастают. Это проявляется, с одной стороны, ростом задолженности за использованную электроэнергию, а с другой — созданием собственных источников электрической и тепловой энергии малой мощности. Процесс приобретает неуправляемый, неконтролируемый и непрогнозируемый характер.

В поисках решения проблемы сегодня ведется активная работа по внедрению объектов распределенной энергетики — атомных электростанций и возобновляемых источников, — а также увеличению доли когенерационных установок для одновременного производства тепловой и электрической энергии. Такие установки размещаются локально, например на электростанциях предприятий или в жилых домах, и доводят до потребителей тепло, которое вырабатывается в процессе получения электроэнергии и обычно выбрасывается в атмосферу.

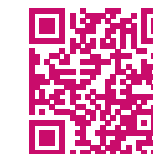
Наш проект также направлен на повышение доли совместного производства тепловой и электрической энергии. В больших городах с крупными ТЭЦ эта проблема в определенной степени решается. Для малых и средних городов дела обстоят иначе: здесь характерна высокая доля раздельного производства энергии, а основным источником тепловой энергии являются угольные и газовые котельные.

Наш коллектив разрабатывает модели и методы, которые помогают региональным властям менять отношение к объектам распределенной энергетики. Необходимо создавать в составе региональных систем электроснабжения локальные интеллектуальные энергосистемы, сбалансированные по мощности и энергии. Эти комплексы основаны на газопоршневых и газотурбинных установках малой мощности, а их основным потребителем является население. Кроме топливного эффекта, это позволит снизить негативное влияние перекрестного субсидирования, которое ослабляет конкурентоспособность промышленных и сельскохозяйственных производителей, а также увеличивает затраты малого и среднего бизнеса на электроэнергию.



**АЛЕКСАНДР МАКЛАКОВ**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник Южно-Уральского государственного университета, ведущий научный сотрудник Магнитогорского государственного технического университета имени Г. И. Носова, доцент Московского политехнического университета



**Мы помогаем создавать качественные и эффективные преобразователи энергии**

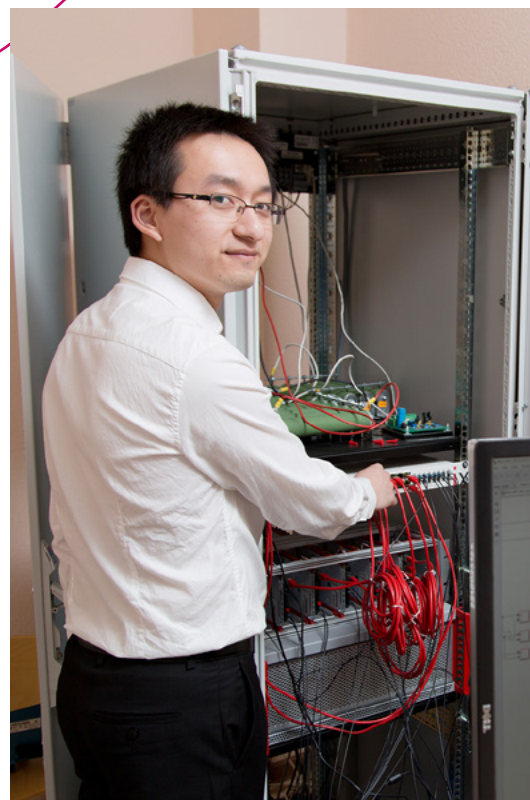


В нашей области исследований существует общая для всех проблема, которую мы решаем: проблема электромагнитной совместимости систем генерации и потребления электроэнергии с распределенными системами электроснабжения. Другими словами, необходимо преобразовать постоянное напряжение, например от солнечной панели, в переменный ток для подачи в общую электрическую сеть. Сделать это нужно с наименьшими потерями.

Изучаемые нами объекты основаны на полупроводниковых преобразователях большой мощности в несколько мегаватт, что сравнимо с мощностью небольшой ГЭС. Чтобы управлять такими устройствами, недостаточно прибегать к классическим алгоритмам или пытаться повысить частоту

коммутации модулей преобразователя. В первом случае это приведет к искажениям напряжений и токов, и, как следствие, — нарушению работы потребителей электроэнергии. Во втором случае потребуются усиленное охлаждение, что значительно снизит энергоэффективность и надежность всей системы. Здесь нужны свежие решения. Мы предложили новый подход, разработали алгоритмы и показали их эффективность: на низкой частоте переключений мы обеспечиваем приемлемый уровень помех и искажений, а также высокий КПД — на уровне 97%.

В области совершенствования преобразователей энергии мы сотрудничаем с такими предприятиями, как «Парус электро», «Магнитогорский металлургический комбинат», ММК Metalurji, а также с челябинскими коллегами, которые заинтересованы в развитии отечественных технологий. Мы с оптимизмом смотрим в будущее и надеемся, что наши разработки помогут создать качественные и эффективные преобразователи энергии для страны.



◀ Сотрудник лаборатории Тао Цзин с платформой для прототипирования алгоритмов управления силовой преобразовательной техникой





## Российский научный фонд

---

Для иллюстрации статей использованы фотографии пресс-службы РНФ, авторов исследований, фотослужбы Конгресса молодых ученых, оргкомитета выставки «Россия», Сколтеха, а также изображения из открытых источников.