Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 19 ноября 2026 года • № 45 (3559) • 12+

Короткие керны помогают выявить следы загрязнения озера Пясино



Читайте на стр. 5

Международное сотрудничество

СО РАН развивает сотрудничество с Южной Кореей

В новосибирском Академгородке состоялась встреча заместителя председателя Сибирского отделения РАН академика **Николая Петровича Похиленко** с генеральным консулом Республики Корея в Иркутске **Юн Чан Ёнгом**.

«Семьдесят лет тому назад было принято решение, важное как для Советского Союза, так и для современной России, — сказал во вступительном слове академик Похиленко. — В стороне от Новосибирска, в лесу на берегу Обского водохранилища начал создаваться крупнейший за Уралом научный центр». Н. П. Похиленко представил господину Юн Чан Ёнгу и его сотрудникам ряд важнейших достижений Сибирского отделения разных лет: исследование новых нефтегазоносных провинций и крупнейших месторождений редкоземельных металлов, создание семейства промышленных катализаторов, моделирование сложных природных, антропогенных и социально-экономических процессов, успехи в борьбе с ковидом и другими инфекциями, революционные открытия в археологии и ряд других результатов мирового уровня и значения.

Среди современных инициатив Сибирского отделения РАН Николай Похиленко выделил Национальный гелиогеофизический комплекс в Прибайкалье, программу «Академгородок 2.0» по развитию Новосибирского научного центра и источник синхротронного излучения СКИФ в наукограде Кольцово. «Он запущен с участием **Владимира Владимировича Путина** в августе этого года, но работа по совершенствованию комплекса СКИФ будет продолжаться», — подчеркнул академик.

«Когда я начал изучать русский язык, — поделился г-н Юн Чан Ёнг, — то довольно часто стал встречать слово “академгородок”. Он является настоящей гордостью России, и я рад, что наконец посетил это место, где ваши ученые работают для сохранения и прогресса всего человечества». «Модель, сочетающая развитие науки, образования и промышленности в целом представляется очень эффективной, — продолжил южнокорейский консул. — В нашей стране возле города Тэджон создан научный центр по примеру Академгородка, но ваш комплекс видится более масштабным... Здесь существует значительный потенциал для сотрудничества Российской Федерации и Республики Корея».

В ходе встречи представители СО РАН и южнокорейского дипломатического корпуса обсудили научно-технологические направления, представляющие взаимный интерес для двух стран. В их числе были названы исследования в области искусственного интеллекта, тонких химических технологий и катализа, микро- и наноэлектроники, глубокой переработки редких и редкоземельных металлов. «Я верю, что сотрудничество наших стран вернется в нормальное русло. Мы можем очень многое почерпнуть друг у друга», — высказался академик Н. Похиленко. Господин Юн Чан Ёнг заверил, что южнокорейская сторона внимательно проанализирует всю полученную от СО РАН информацию и, возможно, запросит дополнительную.

НВС

Новость

СО РАН выступило за сохранение Клуба юных техников в новосибирском Академгородке

Президиум Сибирского отделения РАН поддержал передачу КЮТа в Новосибирский государственный университет.

Клуб юных техников (КЮТ) был основан академиком **Михаилом Алексеевичем Лаврентьевым** в 1965 году и до настоящего времени работал в структуре Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН. В нынешнем ноябре ученый совет ИГиЛ принял вынужденное решение о сокращении структурного подразделения, обеспечивающего деятельность КЮТа, в связи с отсутствием финансирования, что обеспокоило общественность Академгородка.

«В адрес Сибирского отделения РАН поступило обращение более 1 500 жителей, сбор подписей продолжается, — сообщил исполняющий обязанности председателя СО РАН академик **Дмитрий Маркович Маркович**. — При том, что Институт гидродинамики административно относится к федеральному Минобрнауки, это говорит о высоком моральном авторитете СО РАН. Мы не можем быть в стороне от сложившейся острой ситуации».

Заместитель председателя СО РАН доктор физико-математических наук **Сергей Валерьевич Головин** представил проект сохранения КЮТа путем передачи его в состав Новосибирского государственного университета и дальнейшего развития как инженерной лаборатории НГУ. «Этот вариант в новых условиях повторяет историю физико-математической школы в Академгородке, — подчеркнул С. Головин. — Таким образом, КЮТ вернется в лаврентьевскую образовательную модель, укрепится связка “наука — университет — индустрия”. Для такого варианта уже сегодня созданы предпосылки в виде пяти лабораторий Передовой инженерной школы (ПИШ) НГУ, работающих в КЮТе».

Дмитрий Маркович информировал членов Президиума СО РАН, что ректор НГУ член-корреспондент РАН **Дмитрий Владимирович Пышный** полностью одобрил передачу КЮТа в университет, а представители Сибирского отделения ведут соответствующие переговоры с Минобрнауки России, уточняя организационно-финансовые условия. Президиум Сибирского отделения принял соответствующую резолюцию. «При этом особо важно, чтобы сохранилось историческое, лаврентьевское название КЮТа», — подчеркнул председатель Объединенного ученого совета СО РАН по наукам о Земле академик **Михаил Иванович Эпов**.

НВС

НОВОСТЬ

На заседании Президиума СО РАН обсудили Нобелевские премии за 2026 год

В рамках заседания Президиума СО РАН сибирские ученые рассказали о Нобелевских премиях по физиологии и медицине, физике и химии, врученных в 2026 году, представив подробные доклады на эти темы.

О Нобелевской премии по физиологии и медицине говорил главный научный сотрудник ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» член-корреспондент РАН **Владимир Сергеевич Науменко**. В 2026 году премию получили **Карл Дейссерот** (США), **Петер Хегеманн** и **Георг Нагель** (Германия) за открытия в области светочувствительных ионных каналов и оптогенетики. В своем докладе Владимир Науменко акцентировал внимание на вкладе каждого из трех исследователей-лауреатов, а также раскрыл схему оптогенетического эксперимента.

«По итогам работы ученых, получивших Нобелевскую премию, появился новый метод, который регулярно используется в мировой науке. Воздействуя на конкретные нейроны мозга мышей, удается влиять на состояние животных, в частности на их мозговые функции, а также отслеживать психоэмоциональные проявления. Данные, полученные Петером Хегеманном и Георгом Нагелем, позволили Карлу Дейссероту создать протокол эксперимента: в первую очередь ген канального родопсина доставляется в нейрон через вирусный вектор или трансгенную линию, нейрон начинает синтезировать белок ChR2, который встраивается в мембрану. Через имплантированный световод подают свет, канал открывается, ионы входят/выходят, нейрон деполяризуется/гиперполяризуется и генерирует потенциал действия или перестает его генерировать. По итогу поведение или физиологию животного регистрируют и определяют, что именно этот нейрон делает», — объяснил Владимир Науменко.

По словам новосибирского исследователя, в числе возможностей, которые открываются по результатам работы ученых-лауреатов премии, есть картирование цепей — понимание, какая именно популяция нейронов отвечает за различные физиологические функции и виды поведения. Оптогенетика позволяет активировать энграммы — нейронные следы памяти и даже вызывать определенные воспоминания у мышей, что было продемонстрировано в экспериментах. Помимо этого появляются новые инструменты для исследования депрессии, тревожности, зависимости и аутизма. Также сегодня уже идут первые испытания оптохемогенетической терапии зрения у людей, а именно восстановление зрения при пигментном ретините.

Декан физического Иркутского государственного университета доктор физико-математических наук **Николай Михайлович Буднев** представлял Нобелевскую премию по физике, которая в 2026 году была присуждена **Фрэнсису Халзену** (США) за решающий вклад в создание нейтринной обсерватории IceCube и открытие нейтрино высоких энергий астрофизического происхождения. Николай Буднев рассказал о нейтрино высоких энергий, происходящих от астрофизических источников, и задачах, которые научное сообщество уже много лет решает для того, чтобы достоверно регистрировать эти частицы. Как отметил ученый, исследования в этом направлении когда-то начинались именно в нашей стране — первый в мире глубоководный нейтринный телескоп был построен на Байкале, и первые нейтрино были зарегистрированы в начале 1990-х годов на этой установке, однако эти нейтрино имели атмосферное происхождение.

Проследив историю создания нейтринной обсерватории IceCube, Николай Буднев обратился к проекту Baikal-GVD, который развивается международной коллаборацией. Головными организациями выступают Объединенный институт ядерных исследований (Дубна) и Иркутский государственный университет. Если говорить об объеме, то байкальский детектор составляет примерно 0,8 от IceCube и включает в себя гирлянды оптических модулей, которые располагаются в толще воды примерно в 40 км от северного берега в южной котловине озера. «4896 таких модулей работает в Байкале, — назвал цифру Николай Буднев. — В них находятся очень чувствительные фотоприемники, и мы, как и наши коллеги с Южного полюса, тоже регистрируем астрофизические нейтрино».

В мире сейчас действуют три установки для детекции нейтрино — кроме уже названных, еще одна расположена в Средиземном море. Однако, по словам Н. Буднева, этого объема недостаточно. «Для изучения нейтрино высоких энергий нужны обсерватории как минимум на порядок больше», — подчеркнул ученый и сообщил, что в настоящее время уже начаты работы по созданию нейтринных телескопов IceCube-Gen2 (8—10 км^3) и Baikal-HUNT (около 30 км^3).

О Нобелевской премии по химии, которую получили **Анри Каган** (Франция) и **Кэнсо Соаи** (Япония) за открытие нелинейных эффектов и автокатализа в асимметрическом органическом синтезе, рассказал заместитель директора ФИЦ «Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН» член-корреспондент РАН **Николай Юрьевич Адонин**. Его доклад был посвящен тому, как благодаря достижениям нобелевских лауреатов от осознания опасности и непредсказуемости хиральных молекул удалось прийти к асимметрическому катализу, который послужил основой для создания зеленых технологий и способствовал появлению эффективных лекарственных препаратов.

«Говоря о значении работ Анри Кагана и Кэнсо Соаи, можно выделить четыре ключевых направления. Прежде всего, их исследования позволили решить проблему зеркальных молекул, объяснив, почему в природе накапливается один из оптических изомеров — в случае белков это левовращающиеся молекулы, а в случае сахаров — правовращающиеся. Во-вторых, эти работы стали основой революции в фармацевтике. Благодаря им были разработаны способы получения чистых биологически активных субстанций, и множество новых лекарственных препаратов стало доступно широкому кругу потребителей. В-третьих, открытие принесло ощутимую экономическую эффективность. Появилась возможность уйти от разделения рацематов (смеси двух энантиомеров — зеркальных форм хиральной молекул в соотношении 1:1. — *Прим. ред.*), то есть отпала необходимость разделять и удалять один из оптических изомеров. За счет этого материальный индекс производства улучшился почти в два раза. Наконец, эти работы открыли путь к созданию оптически чистых соединений для разработки новых материалов. Таким образом, совокупность достижений нобелевских лауреатов перевела асимметрический синтез из разряда сложного лабораторного искусства в надежную промышленную технологию, на которой держатся современная медицина и высокотехнологичная химия», — прокомментировал Николай Адонин.

НВС

КОНФЕРЕНЦИЯ

В новосибирском Академгородке прошли «Мальцевские чтения»

В Институте математики им. С. Л. Соболева СО РАН состоялись традиционные «Мальцевские чтения» — конференция с участием специалистов по теории групп, теории колец, универсальной алгебре, математической логике, теории вычислимости, математическим методам в программировании и другим близким разделам математики. В этом году мероприятие также посвящено 75-летию академика **Сергея Савостьяновича Гончарова**, профессора Новосибирского государственного университета, специалиста в теории алгоритмов, теории моделей, алгебре и приложениях этих областей в информатике.

«Каждый этап в жизни математика связан с какой-то проблематикой, — рассказал С. С. Гончаров. — Я начинал с булевых алгебр, затем занялся сильно конструктивными моделями, потом перешел на вычислимые нумерации, но это были естественные переходы, связанные с применением новых методов и идей. Последний этап до моего 75-летия я посвятил проблемам, связанным с искусственным интеллектом. Необходимо, чтобы он был объяснимый, то есть способный обосновать свои решения. Еще на заре компьютерной эпохи вместе с академиком **Андреем Петровичем Ершовым**, создателем сибирской школы информатики, мы очень тесно взаимодействовали по вопросам применения теории вычислимости в программировании. Проблема искусственного интеллекта тоже напрямую с ней связана. В частности, один из ключевых вопросов — это гарантированное время исполнения программ. Сейчас появляется всё больше систем, где компьютер контролирует движение, полет и другие сверхбыстрые процессы. Поэтому важно понимать, сколько времени у компьютера займет выбор и принятие решения, ведь иногда счет идет на миллисекунды. Мы должны строить определенную онтологию для описания условий и особых случаев, это чисто прикладная задача, решение которой требует фундаментальных математических основ».

Сергей Савостьянович подчеркнул, что многие возникающие проблемы требуют математических решений. В частности, логика требуется практически во всех сферах, поэтому ее надо вводить отдельным предметом в общеобразовательных учреждениях и вузах. Особенно остро ее не хватает в сфере IT. Программист должен гарантировать, что его программа будет работать в определенных пределах. С увеличением точности оказывается, что программа не функционирует. Рациональные числа в ходе вычисления аппроксимируются, накапливается ошибка, отследить которую очень сложно. Чтобы этого не происходило, нужно работать с полем алгебраических вещественных чисел. В конце 2025 года ученые ИМ СО РАН доктор физико-математических наук **Павел Евгеньевич Алаев** и доктор физико-математических наук **Виктор Львович Селиванов** получили превосходный результат по этой тематике, который был опубликован в журнале Computability. Статья посвящена теории вычислимости и итерированным предпорядкам.

«Эта работа была мною представлена как важнейший результат Института математики за прошлый год, — уточнил С. Гончаров. — Развитием теории вычислимости и теории сильно конструктивных или разрешимых моделей занимаются многие исследователи, и на часть вопросов уже получены ответы. На текущей конференции профессор Казахстанско-Британского технического университета доктор физико-математических наук **Серикжан Агыбаевич Бадаев**, ученик академика **Юрия Леонидовича Ершова**, представил доклад о вычислимых нумерациях».

«Первое приложение наших методов в этой области математики было сделано в программировании, — вспоминает Сергей Савостьянович. — Это зарождалось еще в стенах НИИсистем, а затем было реализовано на НАПО им. В. П. Чкалова моим коллегой доктором физико-математических наук **Дмитрием Ивановичем Свириденко** для решения чисто управленческих и финансовых задач — сколько и каких деталей изготовлено, какие суммы уплачены и т. д. Другой мой ученик доктор физико-математических наук **Дмитрий Евгеньевич Пальчунов** занимается теорией вычислимости и теорией моделей, связанных с искусственным интеллектом. Оба ученых активно сотрудничают с Китаем и с рядом африканских стран, где эти технологии и системы ПО высоко востребованы. Когда система онтологически смоделирована, а не просто написана программистами и собрана из каких-то частей, она начинает более корректно работать».

Научная программа «Мальцевских чтений» традиционно состояла из пленарных докладов и сообщений в секциях. В ней приняли участие 250 человек. Академик **Анатолий Иванович Мальцев**, чье имя носит данная конференция, рассматривал алгебру и математическую логику как единый, неразрывный предмет и заложил основы современного подхода в теории алгебраических систем. Он одним из первых показал, что методы математической логики — теория моделей, язык предикатов, понятие элементарной — напрямую применимы к изучению классических алгебраических структур. Основанный им в 1962 году журнал «Алгебра и логика» издается на английском языке издательством Springer с сохранением международных рейтингов, реферирования и индексации в международных и национальных базах данных и до сих пор остается ведущим изданием в этой области.

Мария Роговая,
пресс-служба ИМ СО РАН

Физики научили ИИ настраивать пучок частиц в ускорителе

Исследователи из Института искусственного интеллекта и цифровых наук факультета компьютерных наук НИУ «Высшая школа экономики» и Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН разработали RLABC — программу, которая помогает подбирать оптимальные настройки ускорителя частиц с помощью обучения с подкреплением. В цифровом эксперименте программа настроила модель так, что до конца ускорителя доходило около 70 % частиц. Исследование опубликовано в журнале Computer Physics Communications.

Частицы в ускорителях движутся пучками — узкими потоками. Электрические поля разгоняют их, а магнитные направляют и фокусируют. Если магниты настроены неудачно, часть частиц отклоняется от траектории и теряется. При этом изменение настройки одного магнита влияет на то, как пучок пройдет через следующие. Поэтому специалистам приходится подбирать удачное сочетание десятков параметров. Расчеты нужны и при проектировании ускорителя, и после его запуска, когда их приходится уточнять уже на самой установке.

Исследователи из ВШЭ и ИЯФ СО РАН предложили использовать для оптимизации настроек ускорителей обучение с подкреплением. Для этого они создали программу RLABC, позволяющую использовать алгоритмы машинного обучения с программой Elegant, которой физики пользуются для расчета движения пучков.

«В этой системе нейросеть по очереди задает параметры магнитов в компьютерной модели, а Elegant рассчитывает, что при них происходит с пучком. RLABC передает результат обратно нейросети вместе с оценкой ее действий. Чем больше частиц удается провести дальше, тем выше оценка. После множества попыток сеть учится выбирать настройки всё лучше», — поясняет один из авторов — стажер-исследователь научно-учебной лаборатории методов анализа больших данных Института искусственного интеллекта и цифровых наук ФКН НИУ ВШЭ **Анвар Ибрахим**.

Разработку испытали на компьютерной модели, созданной на основе комплекса ВЭПП-5 ИЯФ СО РАН. Эта модель включала 11 магнитов с 37 настраиваемыми параметрами, и в итоге в среднем до конца канала дошло 70 % частиц. При подборе всех 37 параметров результат составлял около 66 %. Программу также испытали на модели с другой схемой расположения магнитов, где удалось провести 71 % частиц. По словам авторов исследования, решения модели сопоставимы с настройками, которые предлагают специалисты по ускорительной технике. Это показывает, что инструмент можно использовать, хотя его возможности еще предстоит проверить на более сложных транспортных каналах. В дальнейшем специалисты планируют испытать программу на реальных ускорителях.

«У каждого ускорителя есть особенности, поэтому удачный способ настройки одной установки может хуже работать на другой. RLABC позволяет проверять разные конфигурации и выяснять, в каких задачах обучение с подкреплением будет работать хорошо. При этом мы предполагаем, что алгоритм может подобрать удачные сочетания параметров, которые человек раньше не рассматривал», — комментирует один из авторов работы — заведующий научно-учебной лабораторией методов анализа больших данных Института искусственного интеллекта и цифровых наук ФКН НИУ ВШЭ **Денис Александрович Деркач**.

По замыслу ученых, программа сможет предлагать оператору подходящие настройки и освобождать его от части рутины. Окончательное решение при этом останется за человеком.

«Мы рассчитываем, что этот подход на основе машинного обучения поможет автоматизировать настройку ускорителей. В будущем вся рутинная работа на них будет выполняться ИИ-агентами, чтобы у специалистов оставалось больше времени на проведение интересных экспериментов и культурный отдых», — поясняет один из авторов исследования — ведущий научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Алексей Васильевич Петренко**.

Код RLABC открыт и опубликован: https://github.com/hse-cs/RL-ABC, поэтому другие исследователи могут использовать и дорабатывать программу.

Исследование выполнено при поддержке гранта для исследовательских центров в области искусственного интеллекта, предоставленного Минэкономразвития России.

Пресс-служба НИУ ВШЭ

Опасный патоген сосен впервые обнаружен в Западной Сибири

Ученые впервые обнаружили в южной части Западной Сибири опасный грибной патоген сосен — возбудитель дотистромоза. Это самая северная точка, где нашли этот патоген в России. Гриб выявили на трех видах сосен, и все они оказались уязвимы, в том числе — широко распространенная в Сибири сосна кедровая сибирская. Результаты исследования опубликованы в журнале Forestist.



Кедр сибирский с тяжелым поражением дотистромозом



Кедры сибирские с разной устойчивостью к патогену

Ученые Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томск) вместе со специалистами ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» и Всероссийского центра карантина растений впервые нашли в южной части Западной Сибири патогенный гриб *Dothistroma septosporum*. Это возбудитель опасной инфекционной болезни хвойных деревьев — дотистромоза, или красной пятнистости сосны. Он вызывает отмирание хвои, облысение кроны дерева и наносит значительный ущерб лесному хозяйству.

Обнаружили патоген на территории научного стационара ИМКЭС СО РАН в Томской области. Это наиболее северная задокументированная точка в восточной части России, где он выявлен. Там произрастает обширная коллекция местных и завезенных хвойных, включающая привитые клоны и семенное потомство сосен. Патоген был найден на трех видах: сосне сибирской кедровой *Pinus sibirica*, сосне корейской кедровой *P. koraiensis* и кедровом стланике *P. pumila*. Одним из первых симптомов поражения является наличие кирпично-красных полосок и пятен на зараженных хвоинках. Далее наблюдается прогрессирующее усыхание хвои и отмирание побегов.

Чтобы понять дальнейшее поведение гриба, специалисты изучили восприимчивость зараженных сосен к патогену. Три этих вида сосен различались по степени чувствительности к грибку, и сильнее всего болезнь проявилась у сосны сибирской и кедрового стланика. Отмечались массовое поражение хвои и отмирание побегов. У сосны корейской симптомы были меньше: поражение затрагивало лишь небольшие сегменты хвои.

Ученые также выяснили, что тяжесть инфекции различалась не только между видами, но и по типу посадочного материала. У всех видов семенное потомство имело слабые симптомы, а вегетативное поражалось намного сильнее. Например, у вегетативных клонов сибирской сосны более значимо повреждалась крона и отмечались случаи гибели растения. Семенное потомство того же вида, напротив, показывало умеренные симптомы. То же самое у кедрового стланика: его семенное потомство оказалось устойчивее привитого. Как отметила старший научный сотрудник ИМКЭС СО РАН кандидат биологических наук **Евгения Анатольевна Жук**, такие различия могут объясняться разным географическим происхождением семенного и вегетативного потомства, а также неодинаковыми микроусловиями на участках, где они произрастают.

«Теплые зимы последних лет, вероятно, способствовали распространению патогена, хотя вспышек в естественных лесах на сегодняшний день не отмечено. Гриб начинает осваивать новые территории и расширяет ареал. Изначально считалось, что он поражает преимущественно леса Южного полушария, однако с 1990-х годов в Северной Америке и по всей Европе, в том числе в России, резко возросли случаи дотистромоза с высоким уровнем поражения деревьев. Ранее считалось, что кедровые виды сосен имеют низкую восприимчивость к этому грибу, но наши исследования обозначили их как минимум умеренно восприимчивыми. Если распространение вредителя продолжится, это может иметь значительные экологические и экономические последствия. Дотистромоз хвои вызывает смертность среди молодых хвойных насаждений и снижает качество древесины. При этом в России широкомасштабные защитные меры против такого патогена еще не внедрены, поскольку он пока считается редким в регионе», — комментирует старший научный сотрудник Института леса им. В. Н. Сукачёва ФИЦ КНЦ СО РАН кандидат биологических наук **Вера Александровна Сенашова**.

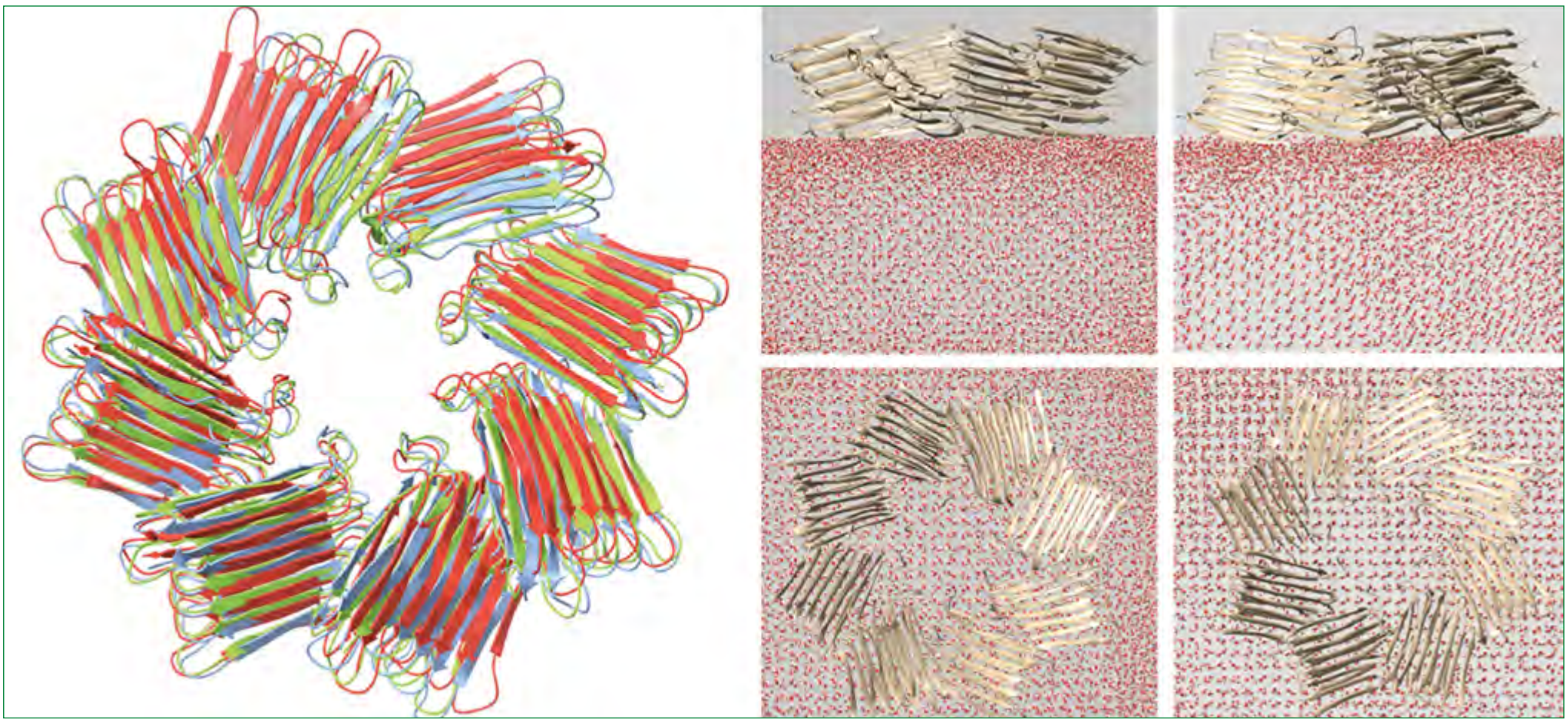
«Выявление причин устойчивости корейской сосны к патогену способно помочь в разработке подходов к отбору устойчивых саженцев и формированию хозяйственно ценных популяций. В естественных лесах Сибири вспышек заболевания пока не отмечено. Однако интродуцированные сосны могут оказаться более чувствительными к патогену, чем местные виды, поэтому деревья в лесных питомниках способны пострадать в первую очередь», — поясняет Евгения Жук.

Исследование было поддержано Российским научным фондом (№ 25-26-00284).

Служба научных коммуникаций ФИЦ КНЦ СО РАН
Фото предоставлены ТНЦ СО РАН

Антифриз внутри клетки

Чтобы пережить холод, организмы используют разные молекулярные механизмы защиты от замерзания. Один из таких способов — синтез антифризных белков, которые препятствуют росту кристаллов льда. Ученые Института химической биологии и фундаментальной медицины им. Д. Г. Кнорре СО РАН исследовали такой белок у сибирского жука-усача *Rhagium mordax* и выяснили, что для его работы важна способность молекул объединяться в комплексы. Работа опубликована в Scientific Reports.



Сопоставление наиболее характерных комплексов по результатам иерархического кластерного анализа 100-наносекундных траекторий молекулярной динамики в воде (красный) и во льду, образующем микровыпуклую (голубой) и микровогнутую (зеленую) поверхность

Многие виды, обитающие в регионах с холодными зимами, вынуждены переживать значительные перепады температур. Поскольку клетки содержат большое количество воды, при отрицательных температурах возникает риск ее кристаллизации. Кристаллы льда повреждают клеточные мембраны и другие внутриклеточные структуры, что может привести к гибели организма. За миллионы лет эволюции разные виды выработали собственные способы защиты от замерзания.

Один из способов защиты — синтез антифризных белков. Они препятствуют кристаллизации воды: связываются с зарождающимися кристаллами льда и не дают им расти. Благодаря этому жидкости организма могут оставаться в переохлажденном состоянии даже при температуре ниже 0 °С, не превращаясь в лед. Сегодня известно множество антифризных белков: обычно они встречаются у арктических и антарктических рыб и насекомых.

«В основном мы работали с белками арктических рыб, но сейчас исследуем антифризный белок сибирского жука-усача. Такие белки уже применяют в самых разных областях. В медицине их добавляют в растворы для хранения органов, тканей и клеток при низких температурах, чтобы при охлаждении не образовывались кристаллы льда, которые могут повредить ткани. В пищевой промышленности, например в США, их используют при производстве некоторых видов мороженого: они не дают формироваться крупным кристалликам, благодаря чему продукт дольше сохраняет нежную текстуру. Кроме того, ученые исследуют возможность использовать принцип действия этих белков для создания покрытий, защищающих от обледенения, например для передних кромок крыльев самолетов», — рассказывает директор ИХБФМ СО РАН доктор химических наук **Владимир Васильевич Коваль**.

На первом этапе антифризный белок выделяют непосредственно из организма. Если его ген уже известен, дальше работать гораздо проще. Его вместе с носителем — плазмидой — подселяют в клетки-продуценты (*E. coli* или дрожжи). Эти клетки начинают синтезировать нужный белок, что позволяет получать его в больших количествах для дальнейших исследований.

Основная трудность при изучении таких белков — определение их структуры. Обычно для этого используют рентгеновскую кристаллографию, однако антифризные белки плохо кристаллизуются. Поэтому ученым приходится использовать другие методы исследования.

«Здесь особую роль играет аминокислота треонин. Мы обнаружили, что треонины расположены группами и образуют характерные кластеры, которые участвуют во взаимодействии белка с водой. В начале работы нас интересовал вопрос, как такой небольшой белок вообще может эффективно связываться с поверхностью воды и препятствовать образованию льда. Оказалось, что дело не только в его строении, но и в способности объединяться в более крупные комплексы — мультимеры. То есть в растворе белок существует не в виде отдельных молекул, а образует группы из нескольких. Именно в такой форме он значительно эффективнее взаимодействует с водой и выполняет свою антифризную функцию», — комментирует Владимир Коваль.

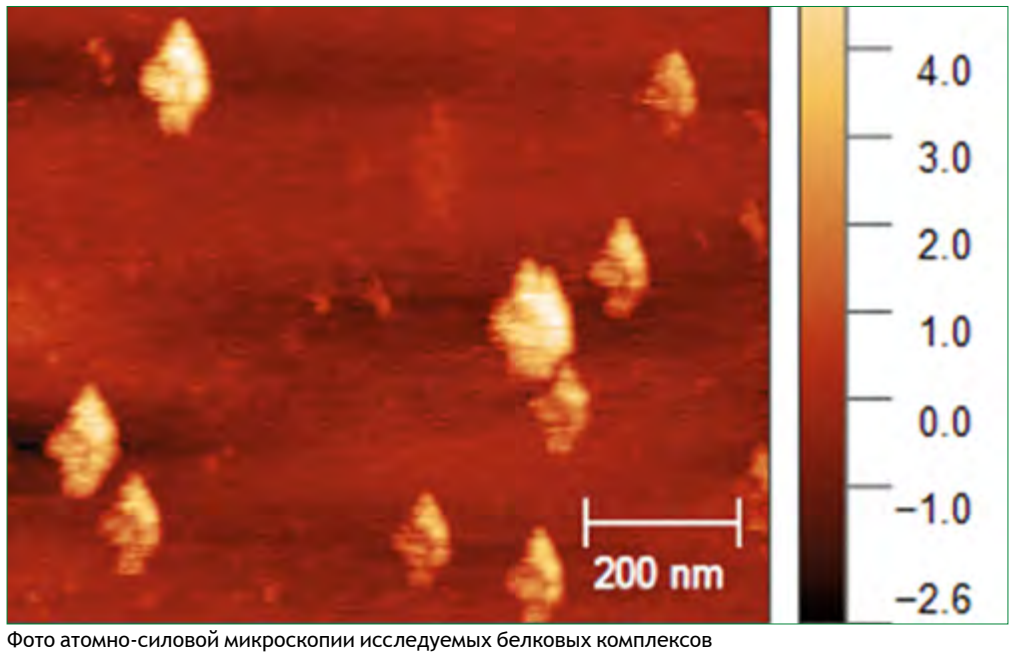


Фото атомно-силовой микроскопии исследуемых белковых комплексов

Этот вывод удалось подтвердить двумя независимыми подходами. Сначала ученые показали существование мультимеров с помощью атомно-силовой микроскопии. В таком микроскопе поверхность буквально ощупывается очень тонким зондом, кантилевером, благодаря чему можно увидеть отдельные белковые частицы и определить их размер. Полученные изображения продемонстрировали, что белок действительно существует не в виде одиночных молекул, а образует комплексы. Существование мультимерных форм белка доказали также с помощью белковой масс-спектрометрии.

Затем результаты были подтверждены с помощью компьютерного моделирования. Модели показали, что наиболее устойчивы комплексы примерно из восьми молекул белка. Ученые смоделировали их взаимодействие с водой и увидели, как мультимерная структура образует большое количество водородных связей с молекулами воды.

Компьютерное моделирование позволяет воспроизводить природные процессы и наблюдать за тем, как ведут себя молекулы. Для небольших частиц такие расчеты относительно просты, но белок — более сложная система: тысячи атомов одновременно взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой. Поэтому ученые используют молекулярную механику — метод, в котором атомы условно представляют как упругие частицы и рассчитывают силы их притяжения и отталкивания. При моделировании нужно учитывать и воду, окружающую белок. Ее молекул гораздо больше, чем молекул самого белка, поэтому описывать каждую из них отдельно слишком затратно по времени моделирования. Вместо этого воду представляют как среду с определенными физическими свойствами, включая плотность и диэлектрическую постоянную. С помощью компьютерного моделирования исследователи построили больше сотни вариантов комплексов из четырех-восьми молекул белка, чтобы понять, какие формы стабильны в растворе.

«Дальше мы хотим развивать исследования антифризных белков, особенно у рыб. При этом сравнить разные типы структур: например, бета-складчатые белки, где водородные связи формируют определенную организацию на поверхности, и альфа-спиральные, которые взаимодействуют с водой совсем иначе. Очень хочется использовать возможности ЦКП СКИФ, ведь структурные исследования белков — одна из ключевых задач для синхротронных установок. Будем надеяться, что вскоре у нас появится возможность проводить такие исследования», — добавляет Владимир Коваль.

Ирина Баранова

Фото предоставлены исследователем

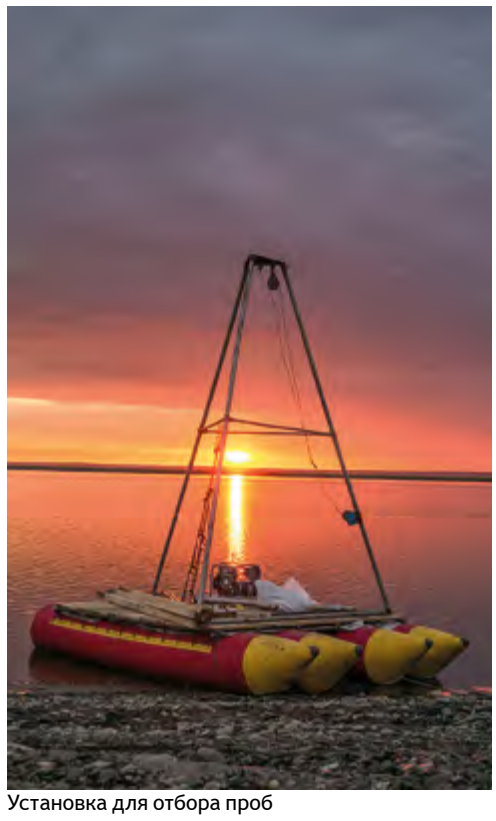
Короткие керны помогают выявить следы загрязнения озера Пясино

Исследование озера Пясино началось в рамках Большой Норильской экспедиции, организованной после разлива дизельного топлива в 2020 году, и продолжается сегодня. На новом этапе ученые Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН используют короткие керны — небольшие колонки верхних слоев донного ила, которые наглядно отражают историю и масштабы современного загрязнения водоема. Такой метод позволяет исследовать самые верхние интервалы донных отложений без нарушения их структуры, так как обычно при разгрузке длинных кернов бурения из пробоотборника нарушается верхний, обводненный и менее консолидированный слой донных отложений. Статья об исследовании опубликована в международном журнале Journal of Great Lakes Research.

«Важно оценивать всё в комплексе, потому что Норильская провинция сама по себе богата металлами: там находится крупное месторождение медно-никелевых руд. Мы брали короткие керны длиной до 40—50 сантиметров, чтобы исследовать верхние интервалы осадков, сохранившие в себе следы антропогенной нагрузки XX—XXI веков. Дополнительно отбирали и длинные керны до четырех метров. По ним можно изучить историю развития озера за последние 10 тысяч лет и фоновое содержание микроэлементов для региона», — рассказывает старший научный сотрудник лаборатории геохимии радиоактивных элементов и экогеохимии ИГМ СО РАН кандидат геолого-минералогических наук **Антон Евгеньевич Мальцев**.

Для отбора проб использовали оборудование, разработанное в институте: модифицированный пробоотборник Ливингстона и надувной понтон грузоподъемностью около пяти тонн с буровой вышкой. «Мы способны работать в любое время года. Установка мобильная: ее доставляют на озеро моторной лодкой, поэтому бурить можно практически в любой точке. Полученный керн помещают в герметичный пенал. На месте измеряют основные физико-химические параметры — pH и Eh, то есть степень кислотности или щелочности среды и окислительно-восстановительный потенциал. Затем керн герметично упаковывают и везут в лабораторию. Там его вынимают из трубы, разрезают вдоль и послойно отбирают образцы для разных анализов. После этого образцы высушивают», — дополняет ученый.


Гидравлический пресс


Установка для отбора проб


Фрагмент керна

Верхний слой оказался особенно важным для исследования, но одновременно самым сложным для отбора. Самые верхние десять сантиметров осадка сильно обводнены. Из-за этого при извлечении из пробоотборника легко может нарушиться их естественная структура и стратиграфическая последовательность слоев, то есть порядок залегания во времени. Поэтому для точных анализов, например на содержание тяжелых металлов: меди, никеля, цинка, — этот слой берут отдельно в короткие пластиковые трубки со специальными поршнями. Сразу после подъема трубы, сохраняя ее строго вертикальное положение, просверливаются отверстия чуть выше уровня ила и аккуратно сливается озерная вода, чтобы не взмутить осадок. В таком же строго вертикальном положении, чтобы водонасыщенный ил не перемешался, керны транспортируются в лабораторию в Новосибирск.

Отдельно анализируют поровую воду — высокоминерализованный раствор, который пронизывает донные отложения, активно взаимодействует с твердыми частицами осадка и аккумулирует ионы, биогенные элементы, в том числе и тяжелые металлы. Ее извлекают уже в лаборатории из каждого десятисантиметрового фрагмента по всему разрезу керна — то есть на всю вскрытую мощность донных отложений. Для этого используют гидравлический пресс: вода выдавливается сразу в шприцы, что позволяет полностью исключить ее контакт с атмосферным кислородом.

Для более детального анализа геологи обратились к коллегам из Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН и применили рентгенофлуоресцентный анализ с использованием синхротронного излучения, который позволяет очень точно определить содержание химических элементов в осадках. Высушенные фрагменты керна специалисты сканировали с шагом два миллиметра, чтобы увидеть, как меняется концентрация микроэлементов в донных отложениях с глубиной. Отдельно с помощью электронного микроскопа изучался состав частиц осадка размерностью 5—10 микрометров. В верхнем слое почвы (10 см) обнаружили оксиды и сульфиды железа с примесью кобальта и меди. Также там нашли единичные частицы соединений меди и цинка, которые появились здесь из-за деятельности человека.

Результаты исследований подтвердили наличие загрязнения, однако выделить в донных отложениях озера Пясино четкий химический след именно аварийного разлива 2020 года невозможно. Загрязнение водоема формировалось десятилетиями: верхний десятисантиметровый слой осадков охватывает примерно последнее столетие — период активного промышленного освоения региона, начавшегося еще в 1930—1940-х годах. В этом интервале ученые обнаружили аномально высокие концентрации меди, никеля и кобальта, причем наиболее высокие значения зафиксированы в южной части озера, расположенной ближе всего к источникам техногенного воздействия.

«Основы изучения поровых вод донных отложений в этом регионе заложил в 1990-х годах доктор геолого-минералогических наук **Юрий Николаевич Гурский** (Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН). Наши повторные исследования подтвердили его выводы: концентрации металлов в поровых растворах не снижаются, а в ряде точек озера Пясино превышают показатели тридцатилетней давности. Анализ биогенных компонентов (нитратов, нитритов) и растворенного органического углерода также указывает на сохраняющуюся высокую техногенную нагрузку», — отмечает Антон Мальцев.

Даже после полного прекращения индустриальных выбросов донные отложения озера Пясино еще долго будут оставаться источником вторичного загрязнения. Из-за химических процессов в свежем осадке накопленные медь, никель и цинк постоянно переходят из твердой фазы ила в поровую воду. Затем за счет диффузии (перемещения из зоны высокой концентрации в зону низкой) эти вещества выделяются обратно в озерную воду. Кроме того, на мелководье волновой размыв и течения взмучивают верхний загрязненный слой. Из южной части озера эти элементы мигрируют на север и потенциально могут выноситься рекой Пясиной вплоть до Карского моря. Из-за низкой скорости седиментации (оседания частиц на дно) и сурового климата Арктики процесс самоочищения озера затянется на десятилетия и даже сотни лет, а для точной оценки объемов этого переноса необходим регулярный мониторинг на разных участках водной системы.

«В наших планах — продолжение работы совместно с микробиологами. Мы хотим изучить микробные сообщества по всей толще керна с помощью молекулярно-генетического анализа (секвенирования гена 16S рРНК). Нас интересуют как древние микроорганизмы в осадках позднего плейстоцена и голоцена возрастом 10—15 тысяч лет, так и современные бактерии. Главная цель — оценить их роль в геохимических процессах трансформации азота и потенциал участия в природном самоочищении донных отложений от тяжелых металлов», — комментирует Антон Мальцев.

Ирина Баранова
Фото Антона Мальцева

Разработан комплексный подход оценки состояния земель после добычи полезных ископаемых

Сибирские ученые предложили методику комплексной оценки экологического состояния природных земель после добычи полезных ископаемых. Анализ строится по десяти критериям — от состояния почв до радиационного фона. Разработка поможет правильно выбирать стратегии восстановления и дальнейшего использования нарушенных земель в регионах России с развитой горнодобывающей промышленностью. Результаты исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда и Правительством Новосибирской области, опубликованы в журнале «Записки Горного института».


Полевые работы на заброшенном мраморном карьере

Освоение месторождений приводит к тому, что прилегающие к ним земли тем или иным образом нарушаются. Например, может меняться их рельеф, разрушаться верхний плодородный слой, уничтожаться растения. Кроме того, горные работы иногда приводят к загрязнению почв тяжелыми металлами и другими опасными элементами.

Восстанавливать такие территории, чтобы они стали пригодны, например, для ведения сельского хозяйства, сложно, потому что нужно точно знать, насколько ухудшилось состояние земли и какие меры необходимо предпринять, чтобы его улучшить. Однако до сих пор не было инструментов, позволяющих комплексно оценить вред, причиненный добычей твердых полезных ископаемых.

Ученые из Института горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН (Новосибирск) вместе с коллегами из Института водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул), Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН и Сибирского государственного университета геосистем и технологий предложили подход, согласно которому состояние окружающей среды, где ведутся или велись горные работы, оценивают сразу по десяти критериям. Они учитывают, сколько в исследуемых землях содержится опасных и особо опасных элементов, количество радионуклидов в воде, радиоактивность горных пород, антропогенную нагрузку на водоемы и водотоки, расположенные вблизи горных предприятий, особенности климатических условий, наличие территорий с особым охранным статусом и с прошлым экологическим ущербом, тип воздействия (какие именно работы здесь осуществлялись) и другие факторы.

«Подходы, с помощью которых ранее оценивали нарушенные территории, обычно учитывали только какой-то один параметр — например, содержание конкретного загрязнителя. Однако горные работы воздействуют на окружающую среду комплексно. В отвалах могут накапливаться отходы горного производства и некондиционные (невостребованные) полезные ископаемые, пустые породы, подверженные выветриванию и способные выделять токсичные химические элементы. Эти процессы становятся источниками вторичного загрязнения. Перенос русла реки в связи с отработкой месторождения приводит к трансформации водной экосистемы: изменяются гидрологический режим, русловые и другие процессы. При этом водная экосистема фактически создается заново: меняются течение, берега и условия жизни рыб и других обитателей. Вскрытие радиоактивных пород при добыче полезных ископаемых может повышать радиационный фон на прилегающих территориях. Чтобы держать ситуацию под контролем, мы предложили единую систему оценки, которая связала все эти разрозненные данные в общую картину», — рассказывает старший научный сотрудник Института горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН кандидат технических наук **Александр Владиславович Резник**.

С помощью нового инструмента авторы оценили состояние 106 земельных участков в Новосибирской области, где ранее велись горные работы или хранились добытые полезные ископаемые. Анализ показал, что по категории нарушенности 10 % исследованных территорий относятся к ненарушенным (это затопленные или самозаросшие выработанные пространства), 63 % — к слабо нарушенным, 12 % — к нарушенным в средней степени и 15 % — к чрезвычайно нарушенным.

Так, на некоторых территориях, отнесенных к нарушенным, были превышены концентрации загрязняющих веществ в воде или почве. Кроме того, на одном участке оказалось изменено русло реки, что привело к кризисному состоянию водной экосистемы даже при формальном соответствии воды санитарным нормам. Этот случай показывает, что оценка только по одному показателю не всегда отражает реальный ущерб природе.

Опираясь на полученные результаты, исследователи составили матрицу оценки нарушенных земель, связывающую каждый изученный объект с набором негативных воздействий, которые он испытывает. Эта матрица послужит инструментом для принятия решений о том, какие участки уже можно вернуть в хозяйственный оборот, а какие требуют длительного восстановления.

«В перспективе мы планируем сформировать рекомендации по экологически сбалансированному недропользованию и устойчивому развитию территорий. В них войдут меры по восстановлению земель — от инженерной планировки и укрепления откосов до восстановления плодородного слоя и создания рекреационных пространств. Такой подход позволит возвращать нарушенные территории в хозяйственный оборот», — подводит итог Александр Резник.

Пресс-служба РНФ
Фото предоставлено учеными из ИГД СО РАН

Ученые подтвердили зрелый возраст гидротермальной системы Байкальской рифтовой зоны

Ученые из Томска, Улан-Удэ и Биробиджана завершили цикл экспедиций, посвященных изучению механизмов формирования термальных источников Забайкалья. В этом году они работали в Тункинской долине и в Северо-Байкальском районе. Обобщение полученных за три года данных о двадцати источниках, расположенных на обширной территории Байкальской рифтовой зоны, говорит о длительном времени взаимодействия терм с горными породами. Кроме этого, ученые получили представление о формировании состава термальных вод Забайкалья и влияющих на него процессах, в том числе об одновременном протекании окисления и восстановления серы.

Ученые из Томского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН (Улан-Удэ) и Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН (Биробиджан) взяли ряд проб на бальнеологических курортах Тункинской долины — Ниловой Пустыни, Жемчуге и Аршане; Северо-Байкальского района — здравницах Дзелинда и Хакусы, а также Котельниковском источнике. В их числе: общий химический состав вод, включая микро- и макроэлементы, содержание органического вещества и восстановленные формы серы, изотопный состав кислорода, водорода, углерода, серы, азота, включая радиоактивные изотопы углерода и водорода, а также пробы породы.

Трехгодичные исследования позволили ученым перейти от описания химического состава отдельных источников к построению комплексной концептуальной модели формирования термальных вод Байкальской рифтовой зоны, которая базируется на данных физико-химических расчетов и научной концепции геологической эволюции и самоорганизации системы «вода — порода», заложенной известным российским гидрогеологом профессором **Степаном Львовичем Шварцевым**. Ее суть заключается в том, что вода находится в постоянном взаимодействии с горными породами, в ходе которого непрерывно растворяет первичные породы и формирует новые вторичные минералы, что приводит к изменению состава самой воды на протяжении всего времени взаимодействия.

«Вода атмосферного генезиса (атмосферные осадки) попадает вглубь горных пород по трещины и нагревается на глубине. По мере движения от зоны питания (проникновения в породу) до зоны разгрузки (выход воды на поверхность) вода растворяет первичные минералы, накапливая химические элементы и меняя геохимическую обстановку. Как следствие, создаются благоприятные условия для образования вторичных минералов. Они формируются тогда, когда концентрация химических элементов достигает предела насыщения. При этом в систему поступают газы. Обнаружение кальцита, целестина и хлоритов говорит о том, что система “термальные воды — горная порода” функционирует длительное время», — пояснила руководитель проекта старший научный сотрудник лаборатории гидрогеохимии и геоэкологии ТФ ИНГГ СО РАН кандидат геолого-минералогических наук **Елена Владимировна Зиппа**.

Таким образом, термальная вода — это не просто некий случайный раствор солей, а результат развития сложной системы, где каждый компонент играет свою важную роль. Например, сера влияет на геохимические процессы: исследователи подтвердили одновременное протекание двух разнонаправленных процессов — окисление сульфидов до сульфатов на глубине при температурах 100—150 °С и выше и восстановление сульфатов до сероводорода вблизи поверхности под действием бактерий. Наличие сероводорода определяет лечебный профиль источника. Понимание природы происхождения этого вещества (растворяется ли оно в виде газа с глубины или активно производится бактериями у поверхности) очень важно для оценки стабильности химического состава вод и перспектив развития здравниц.

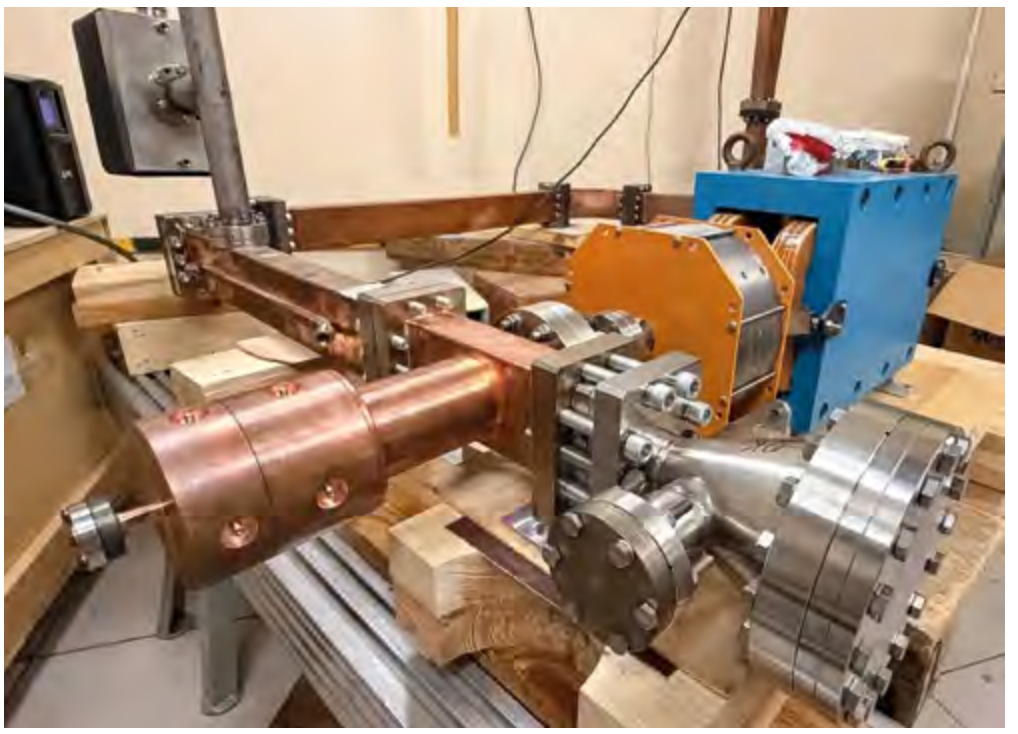
В планах ученых — детально изучить процессы растворения и осаждения в системе «вода — порода»; это поможет понять, как конкретно меняется состав воды при взаимодействии с горными породами, исследовать роль свободных газов и их влияние на такое взаимодействие, а также состав терм в целом.

Исследование выполняется при поддержке РНФ (проект № 24-77-10035).

Пресс-служба ТНЦ СО РАН

Создана СВЧ-фотопушка для генерации пучков электронов предельно малых размеров

Специалисты Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН разрабатывают фотопушку — устройство для получения ультракоротких электронных пучков. Для сравнения: стандартный продольный размер электронного пучка в синхротроне СКИФ составляет около сантиметра, а, используя в качестве источника электронов фотопушку, продольный размер можно уменьшить до долей миллиметра. На основе СВЧ-фотопушек планируется создать лабораторный стенд для изучения структуры и свойств объектов на атомарном уровне в режиме реального времени, что актуально для биомедицины и фармацевтики. Преимущество установок на основе фотопушек в том, что они помещаются в стандартную комнату. На данный момент физики ИЯФ СО РАН достигли промежуточных результатов — собрали в России фотопушку с системой синхронизации лазерного и СВЧ-излучения и готовятся к новому этапу измерений.


СВЧ-пушка ИЯФ СО РАН

В экспериментах на коллайдерах с помощью пучков электронов физики получают новые знания о фундаментальных свойствах мира. На синхротронах электронный пучок генерирует электромагнитное излучение (синхротронное излучение, СИ), с помощью которого химики, биологи, физики и другие исследователи получают новые лекарства, вакцины и исследуют материалы. В зависимости от задач пучок электронов должен обладать определенными параметрами, но в любом случае сначала его нужно получить.

«Чтобы начать работать с электронным пучком, нужно его получить, и здесь не важно, куда он должен полететь дальше — в коллайдер, синхротрон или промышленный ускоритель. Зарождаются пучки частиц в электронной пушке, — прокомментировала младший научный сотрудник ИЯФ СО РАН и ЦКП «Сибирский кольцевой источник фотонов» **Кристина Александровна Сибирякова**. — В зависимости от того, какая конечная цель у ускорительного комплекса, пучок будет обладать разными характеристиками. В каком-то случае важен эмиттанс пучка, в каком-то его размер, в каком-то делается акцент на ток или длительность пучка».

Для получения электронов в ускорительном комплексе может использоваться термоэмиссионная пушка и термокатод. Под воздействием температуры и приложенного электрического поля с поверхности катода начинает происходить эмиссия, или вытягивание, электронов, которые в дальнейшем преобразуются в электронный пучок.

«Так мы получаем пучок электронов на синхротроне СКИФ, — пояснила Кристина Сибирякова. — Однако если мы хотим получить короткие пико- или фемтосекундные пучки (когда речь идет о продольном размере пучков частиц, которые двигаются со скоростью близкой к скорости света, то он определяется в единицах измерения времени), да еще и с большим пиковым током, то термопушка уже не эффективна. В таком случае нужно использовать фотопушки и фотокатоды. Короткий электронный пучок с большим зарядом необходим, например, для реализации исследовательского метода сверхбыстрой электронной дифрактометрии, которая позволяет в режиме реального времени изучать внутреннюю структуру материалов и веществ на атомном и молекулярном уровне. Также фотопушки могут использоваться в качестве источника электронов для того же лазера на свободных электронах, когда необходимы короткие пучки с большим током».

В случае с фотопушкой работает фотоэффект, то есть выход электронов с освещаемой лазером поверхности катода. Чем более короткий лазерный импульс используется, тем более короткий пучок электронов получают на выходе. Современные лазеры способны создавать сверхкороткие световые импульсы.

«Длительность пучка — это, скажем так, заводская настройка, — добавила Кристина Сибирякова. — Если у тебя есть пикосекундный или фемтосекундный лазер, значит ты можешь получать ультракороткие пучки, а вот заряд, размер пучка, угловая расходимость частиц в нем и другие характеристики связаны с поперечными свойствами лазерного пятна и его интенсивности. Кроме этого, параметры пучка сильно зависят от материала фотокатода и его поверхности. Часто для удаления различных оксидных пленок и получения большого заряда необходимо производить чистку поверхности фотокатода перед получением рабочего пучка. Для этих целей необходим один режим лазерной системы, для получения самого электронного пучка — другой, а для минимизации углового распределения частиц в пучке — третий. Для реализации разных режимов должна быть создана специальная система управления лазером. В процессе работы совместно с коллегами из Института автоматики и электрометрии СО РАН была разработана и создана такая система».

На данный момент в ИЯФ СО РАН разработана первая итерация фотопушки с системой синхронизации. На установке прошли «холодные» измерения (без СВЧ-мощности), на которых были получены нужные распределения полей и частоты. Впереди сборка и запуск стенда для проверки вакуумной прочности, подача СВЧ-мощности в фотопушку и изучение темновых токов.

«СВЧ-фотопушка — это весьма продвинутый источник электронного пучка высокого качества, то есть с ультракороткой длительностью и малым эмиттансом, — прокомментировал заместитель директора по научной работе ИЯФ СО РАН, директор ЦКП СКИФ академик **Евгений Борисович Левичев**. — Такие приборы востребованы в системах инжекции лазеров на свободных электронах или источников синхротронного излучения. Они применяются в электронных микроскопах и для исследования атомной структуры методами сверхбыстрой электронной дифракции. Кроме того, сам факт того, что коллектив способен создавать такие сложные СВЧ-устройства говорит о росте его компетенций, квалификации и мастерства».

Пресс-служба ИЯФ СО РАН
Фото Кристины Сибиряковой

Как защитить сельскохозяйственные земли от пожаров

Красноярские ученые проанализировали ситуацию с пожарами на сельхозземлях России за последние 25 лет, а также факторы, которые могут способствовать снижению угрозы от возгораний. Главным источником пожарной опасности становятся заброшенные сельхозугодья. Результаты исследования опубликованы в журнале «Природообустройство».

В списке угроз для агропромышленного комплекса пожары находятся в тройке наиболее опасных факторов, наряду с наводнениями и засухами. Для сельскохозяйственных растений и животных ежегодный экономический ущерб от огня и сильного задымления нередко превосходит потери от вредителей и болезней. В России, где площадь сельхозугодий исчисляется сотнями миллионов гектаров, эта проблема стоит особенно остро и требует постоянного мониторинга и совершенствования профилактических мер.

Ученые ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» совместно с коллегами из Красноярского государственного аграрного университета проанализировали ситуацию с пожарами на сельхозземлях России за последние 25 лет. Также специалисты предложили способы улучшения профилактических противопожарных мероприятий в аграрном секторе.

Если раньше, до использования в учете дистанционного мониторинга, на сельхозугодьях по России в статистику попадало ежегодно от 2 до 3 тысяч пожаров в год, то в 2021—2024 годах в России в статистике МЧС уже стало отмечаться около 200 тысяч пожаров. Однако эта тревожная цифра — результат не катастрофического роста числа возгораний, а технологических изменений в их обнаружении и поправок в методике учета. В последние годы для отслеживания пожаров стали более активно применять дистанционные методы, прежде всего спутниковый, авиационный и беспилотный мониторинг. Это позволило оперативно отслеживать возникающие возгорания, в дальнейшем переходящие в пожары.

«При использовании сельскохозяйственные земли в большинстве случаев достаточно устойчивы к распространению пожаров, но, как только они лишаются ухода, ситуация меняется. Уже в первые годы заброшенные пашни, луга и пастбища зарастают травой, кустарниками и деревьями. Только запасы травяной ветоши могут достигать 1,2 тонны на гектар в абсолютно сухом состоянии. Обычно их максимум наблюдается уже через пять лет после прекращения землепользования. Всё это приводит к резкому увеличению уровня пожарной опасности, причем не только для сельскохозяйственных земель, но и для примыкающих лесных массивов и близлежащих населенных пунктов», — отмечает старший научный сотрудник Института леса им. В. Н. Сукачёва ФИЦ КНЦ СО РАН кандидат биологических наук **Александр Викторович Брюханов**.

Отдельным источником пожарной опасности ученые назвали заброшенные земельные участки. Исследователи отметили, что, по данным Росреестра за 2020 год, из 222 миллионов гектаров сельхозугодий почти 100 миллионов не использовались. Заброшенные земли быстро превращаются в источники высокой пожарной опасности: как правило, такие территории недостаточно охраняются от пожаров, а огонь распространяется по открытым пространствам с большой скоростью.

Причины появления заброшенных сельскохозяйственных земель обширны: от оттока населения до экономических факторов и последствий технологического прогресса, когда из-за повышения урожайности снижается количество используемых сельхозземель.

Снизить природную пожарную опасность поможет зонирование участков. Этот подход особенно важен там, где сельскохозяйственные земли примыкают к участкам с высокой пожарной опасностью: местам хранения заготовленного сена, полям с поспевшими зерновыми культурами, хвойным молоднякам, свалкам и мусорным полигонам, поселениям. На границе с такими зонами специалисты рекомендуют создавать минерализованные полосы и скашивать траву, а также высаживать культуры с высоким влагосодержанием: картофель, капусту и другие растения с высоким содержанием воды, которые очень плохо горят, не образуют травяной ветоши и способны в большинстве случаев остановить пожар.

Служба научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН

Наука в Сибири

Официальное издание
Сибирского отделения РАН

Учредитель — Сибирское отделение РАН

Главный редактор —
Елена Владимировна Трухина

Вниманию читателей «НвС» в Новосибирске!

Свежие номера газеты можно приобрести или получить по подписке в холле здания Президиума СО РАН с 9:00 до 18:00 в рабочие дни (Академгородок, проспект Академика Лаврентьева, 17), в здании Управления делами СО РАН (Морской проспект, 2, вахта).
Также газету можно взять в Торговом центре Академгородка (ул. Ильича, 6, вход со стороны ДК «Академия», 1-й этаж, стойка рядом с банкоматом Т-Банка; вход со стороны продуктового супермаркета, 2-й этаж, стойка напротив суши-бара «Рыба.Рис»), в гастробаре «Коробок» (пр. Ак. Лаврентьева, 19), НГУ, НГТУ.

Адрес редакции, издательства:
Россия, 630090, г. Новосибирск, Морской проспект, 2. Тел.: 238-34-37.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. При перепечатке материалов ссылка на «НвС» обязательна.

Отпечатано в типографии ООО «ДЕАЛ»: 630033, г. Новосибирск, ул. Брюллова, 6а.
Подписано к печати: 17.11.2026 г.
Объем: 2 п. л. Тираж: 1 100 экз.
Стоимость рекламы: 104 руб. за кв. см.
Периодичность выхода газеты — раз в неделю.

Рег. № 484 в Мининформпечати РСФСР от 19.12.1990 г., ISSN 2542-050X.
Подписной индекс 53012 в каталоге агентства «Урал-Пресс».
E-mail: presse@sb-ras.ru, media@sb-ras.ru
Цена 17 руб. за экз.

© **«Наука в Сибири», 2026 г.**

ОТ РЕДАКЦИИ

Уважаемые читатели!

Редакция «Науки в Сибири» переехала на Морской проспект, 2. Стойка с номерами газеты осталась по прежнему адресу — проспект Ак. Лаврентьева, 17.

Обращаем ваше внимание, что вход в здание на Морском проспекте, 2 режимный, для посещения редакции необходимо договариваться о встрече по тел. (383) 238-34-37 и иметь при себе документ, удостоверяющий личность.

Уважаемые читатели!

В нашей газете и на сайте нашего издания www.sbras.info мы регулярно публикуем ответы ученых на вопросы, которые вы нам присылаете, в рубрике «Вопрос ученому».

Напоминаем, что задать вопрос ученому можно на нашем сайте в разделе https://www.sbras.info/form/zadayte-vopros-uchyonomu либо прислать его нам по e-mail: presse@sb-ras.ru, media@sb-ras.ru. Мы передадим ваш вопрос нужному специалисту и опубликуем ответ в «Науке в Сибири».

По этой ссылке вы можете присоединиться к нашей группе в «Макс»

Сайт «Науки в Сибири» **www.sbras.info**

ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ СУПРУН (29.10.1943 — 05.11.2026)

5 ноября 2026 года на 84-м году ушел из жизни **Владимир Иванович Супрун**, доктор философских наук, профессор, известный специалист в области социальной философии, многие годы работавший в Институте философии и права СО РАН.

Основными направлениями научной деятельности Владимира Ивановича были социальная футурология, проблемы инновационного развития, региональная политика и социальное прогнозирование. Значительное место в его профессиональной деятельности занимала подготовка научных кадров. Слушателями курсов Владимира Ивановича стали несколько поколений ученых Сибирского отделения РАН. В последние годы его научные интересы были сосредоточены на исследовании мировых городов знаний, факторов их возникновения и роли в инновационном и экономическом развитии. В 2002 году Владимир Иванович основал Фонд социо-прогностических исследований «Тренды», в рамках которого осуществлял исследовательскую, аналитическую, издательскую и организационную деятельность.

Коллектив Института философии и права СО РАН выражает глубокие соболезнования родным и близким Владимира Ивановича Супруна, всем, кто его знал. Светлая память о нем сохранится среди его коллег и учеников.

Коллектив ИФПР СО РАН

НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

Новый метод генерации терагерцевого излучения позволит создавать небольшие установки

Специалисты Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН представили новый метод генерации терагерцевого излучения в плазме. Моделирование показало, что механизм, предлагаемый новосибирскими физиками, позволяет достичь эффективности преобразования энергии лазерного излучения в энергию терагерцевых волн на уровне 1 % и адаптировать схему к лазерным системам петаваттного класса. Результаты опубликованы в журнале Physics of Plasmas.

Терагерцевый диапазон частот представляет интерес для широкого круга исследовательских областей — излучение этой части электромагнитного спектра можно использовать, например, для создания систем сканирования и неразрушающего контроля. Кроме того, в терагерцевом диапазоне лежат частоты колебаний кристаллических решеток различных веществ, что делает ТГц-излучение привлекательным инструментом для задач, связанных с направленным воздействием на состояния вещества. Для создания источника терагерцевого излучения, способного достичь высоких значений энергии и мощности, ученые предлагают различные варианты генерации.

«Терагерцевое излучение хорошо тем, что оно неионизирующее, а это значит, что свободно проникает во многие вещества, не разрушая их химические связи, — прокомментировала инженер ИЯФ СО РАН **Евгения Павловна Волчок**. — Соответственно, его можно использовать для сканирования различных веществ, или неразрушающего контроля, — так, в некоторых аэропортах мира уже используют терагерцевые сканеры, а на производствах просвечивают упаковки с медикаментами, проверяя качество продукции. Предполагается, что этот диапазон может лечь в основу новых стандартов связи. С моей точки зрения, самое интересное применение терагерцевого излучения связано с его воздействием на кристаллические решетки в твердом теле, что позволяет изменять состояние вещества, например создавать временную намагниченность или сверхпроводимость».

Источники терагерцевого излучения бывают разными: одни обеспечивают короткие и мощные импульсы с большой шириной спектра, другие, наоборот, имеют узкую спектральную линию излучения.

«Для того чтобы получить узкополосный источник, нужно возбудить в веществе долгоживущие колебания, — добавила Евгения Волчок. — Технически это довольно сложно. Лабораторных установок данного типа, таких, которые позволяли бы генерировать излучение с узкой спектральной линией, но большой амплитудой волны, мало, поскольку обычные вещества при длительном воздействии накачки разрушаются. Примером источника мощного терагерцевого излучения с узким спектром являются лазеры на свободных электронах. В частности, Новосибирский лазер на свободных электронах — уникальный источник такого излучения, средняя мощность импульсов которого не имеет аналогов в мире. Однако ЛСЭ — это очень большая установка, которую не каждый может себе позволить. Наша теоретическая группа развивает новые методы генерации терагерцевого излучения в плазме для создания более компактных установок».

В основе метода генерации узкополосного терагерцевого излучения в плазме, предлагаемого специалистами ИЯФ СО РАН, — механизм на встречных сталкивающихся потенциальных волнах с несовпадающими поперечными профилями.

«Плазменные источники перспективны благодаря тому, что в ионизированном газе можно создавать долгоживущие колебания с большой амплитудой, которые при переходе в вакуум конвертируются в излучение терагерцевого диапазона, — пояснила Евгения Волчок. — Однако есть сложность: потенциальные колебания, возбуждаемые электронными пучками или лазерными импульсами, сами по себе в вакуум выйти не могут, поэтому исследователи придумывают различные способы этого добиться. Мы решили эту задачу, запустив в плазму не один лазерный импульс, а два — навстречу друг другу. При этом мы задаем волнам отличающиеся поперечные профили, чтобы обеспечить нескомпенсированный электрический ток, который и выступает источником излучения. В этом случае при столкновении двух волн возникают колебания на удвоенной частоте, которые способны распространяться в вакууме. Таким образом, энергию плазменных колебаний мы способны превращать в электромагнитное излучение. Следующий шаг развития этого механизма — повысить количество энергии, которое можно эффективно преобразовать в излучение таким образом. Идея состоит в том, чтобы сталкивать широкие плазменные волны с мелкомасштабной модуляцией интенсивности. Реализовать эту идею можно, например, создавая каждую из волн парой лазерных пучков, фокусирующихся в одну точку под малым углом относительно их оптических осей. Использование широких волн позволяет закачать в систему больше энергии, а значит, и больше излучить. Благодаря более слабой дифракции таких волн бонусом мы получаем область излучения в несколько раз большую, чем в оригинальном варианте. Как итог — эффективность излучения вырастает на два порядка».

Физики разработали аналитическую теорию и провели моделирование, которое показало, что при использовании такого улучшенного механизма на встречных волнах эффективность гипотетического источника терагерцевого излучения достигает одного процента. «В лазерно-плазменных схемах типичные эффективности составляют сотые доли процента, мы же указываем путь к ее увеличению на два порядка. Теоретически в будущем, используя нашу работу, на основе предложенного механизма можно создать относительно компактные источники узкополосного терагерцевого излучения для различных приложений», — дополнила Евгения Волчок.

В планах у специалистов — провести эксперименты по генерации терагерцевых волн в плазме при помощи усовершенствованного механизма и подтвердить возможность достижения тех параметров излучения, которые были получены при моделировании.

Пресс-служба ИЯФ СО РАН