



Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 15 января 2026 года • № 1 (3515) • 12+



Ученые исследуют магнитную восприимчивость почв Сибири



Читайте на стр. 5

Новость

Ученые установили новый механизм, затрудняющий очистку фракций тяжелой нефти от серы

Специалисты ФИЦ «Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН» систематически исследуют проблемы глубокой очистки фракций тяжелых нефтей от серы. Исследователи установили одну из ранее неизвестных причин, затрудняющих удаление соединений серы при переработке тяжелых нефтей – наличие ванадилпорфириновых комплексов, которые вступают в реакцию с сероорганическими соединениями. В перспективе новые знания помогут улучшить эффективность переработки нефтяного сырья и повысить степень его очистки.

Обессеривание – обязательный этап очистки как исходной высокосернистой нефти, так и высокооктановых топлив, полученных из нее. Принятые экологические стандарты топлива требуют почти полного отсутствия загрязнителя: по стандарту Евро-5 – не выше 10 мг/кг серы.

В тяжелой нефти всегда присутствуют ванадилпорфирины – металлические комплексы сложных макроциклических молекул, указывающих на источник

происхождения нефти. Ванадилпорфирины применяют в медицине, биохимических сенсорах, солнечных энергетических элементах, катализе, квантовой информатике.

Неокислительные и невосстановительные реакции между ванадилпорфириновыми комплексами и сероорганикой исследованы мало, и их роль в процессах обессеривания неизвестна. Ученые ИК СО РАН взяли за эту проблему и с помощью высокотемпературной спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) *in situ* впервые установили, что ванадилпорфирины способны обратимо улавливать химически активные формы серы в термических условиях, аналогичных процессам традиционной нефтепереработки. Метод ЭПР позволил в режиме реального времени наблюдать за химическими превращениями этих соединений при температурах до 425 °С.

«Мы впервые доказали, что при температурах выше 260 °С в тяжелой нефти без каких-либо добавок протекает обратимая реакция, в которой ванадилпорфирины превращаются в тиованадилпорфирины за счет замещения атома кислорода

на восстановленную серу. Эта реакция подавляется в присутствии воды и воздуха, а при насыщении нефти газообразным сероводородом, наоборот, конверсия ванадилпорфиринов растет. При охлаждении термически обработанной нефти тиованадилпорфирины полностью превращаются в исходные ванадилпорфирины. Такой неизвестный цикл оборота серы в нефтепереработке является скрытым фактором, который препятствует глубокому обессериванию: в ходе термической обработки нефти образуется некий серный буфер, который удерживает серу, увеличивая время оборота сернистых соединений и препятствуя их полному удалению», – рассказывает старший научный сотрудник отдела физико-химических исследований на атомно-молекулярном уровне ИК СО РАН кандидат химических наук Андрей Михайлович Чибиряев.

По словам ученого, реакцию необходимо учитывать при разработке полных кинетических моделей гидроочистки и гидродеметаллизации тяжелых нефтяных остатков.

Пресс-служба ИК СО РАН

Новость

Сибирские ученые стали профессорами РАН

Исследователи из научных и образовательных организаций, находящихся под научно-методическим руководством Сибирского отделения РАН, вошли в корпус профессоров РАН в ходе выборов, которые состоялись в начале декабря. Президиум Российской академии наук утвердил их кандидатуры.

Согласно официальным документам, право выдвижения кандидатов на присвоение звания «Профессор РАН» предоставляется академиком РАН, членам-корреспондентам РАН и ученым советам научных организаций и (или) образовательных организаций высшего образования. Кандидаты на присвоение звания «Профессор РАН» могли быть выдвинуты только по одному тематическому отделению и должны соответствовать ряду критериев, связанных с научной и преподавательской деятельностью.

В 2025 году звание «Профессор РАН» получили:

- доктор технических наук **Александр Геннадьевич Маликов**, Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН – по отделению энергетики, машиностроения, механики и процессов управления;
- доктор химических наук **Андрей Викторович Иванов**, ФИЦ «Иркутский институт химии им. А. Е. Фаворского СО РАН» (Иркутск) – по отделению химии и наук о материалах;
- доктор сельскохозяйственных наук **Андрей Фёдорович Петров**, Сибирский государственный университет инженерии и биотехнологий – по отделению сельскохозяйственных наук;
- доктор экономических наук **Сергей Александрович Шелковников**, Сибирский государственный университет инженерии и биотехнологий – по отделению сельскохозяйственных наук;
- доктор медицинских наук **Василий Васильевич Кашталап**, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний (Кемерово) – по отделению медицинских наук;
- доктор биологических наук **Наталья Викторовна Семёнова**, Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека (Иркутск) – по отделению медицинских наук;
- доктор химических наук **Михаил Александрович Шестопалов**, Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН – по отделению медицинских наук.

Поздравляем вновь избранных профессоров РАН!

НВС

Академику РАН Александру Николаевичу Скринскому — 90 лет

Глубокоуважаемый
Александр Николаевич!

Президиум Сибирского отделения РАН и Объединенный ученый совет СО РАН по физическим наукам сердечно поздравляют Вас с 90-летним юбилеем!

Мы знаем Вас как выдающегося ученого в области физики ускорителей заряженных частиц и физики высоких энергий. Вы стояли у истоков создания и становления метода встречных пучков на основе накопителей заряженных частиц, который послужил фундаментом современной экспериментальной физики высоких энергий, исследующей свойства и закономерности мира элементарных частиц. В 1964–1966 гг. под Вашим руководством и при непосредственном участии были созданы установки со встречными электрон-электронными пучками ВЭП-1 и электрон-позитронными пучками ВЭП-2. В последующие годы на этих установках был проведен цикл экспериментов по квантовой электродинамике, исследованию легких векторных мезонов, а также впервые обнаружено множественное рождение адронов в электрон-позитронной аннигиляции. Вами совместно с коллективом был успешно проведен цикл пионерских работ по изучению коллективных эффектов в накопительных кольцах. В последующем была разработана теория движения спина в реальных магнитных полях ускорителей и накопителей, предложены методы управления спиновым движением с помощью спиновых ротаторов и «сибирских змеек», а также разработан и теоретически обоснован метод получения продольно-поляризованных пучков в накопителях, в частности для встречных пучков. В признание вклада в проведение пионерских экспериментов со встречными пучками Вы были избраны в Академию наук СССР: членом-корреспондентом в 1968 году, а затем действительным членом Академии в 1970 году в возрасте 34 лет. В дальнейшем развитие этого направления было успешно продолжено. В частности, в начале 1970-х годов была создана установка ВЭП-2М, которая



А. Н. Скринский

в течение многих лет оставалась наиболее эффективной в мире в своей области энергий. Кроме того, Вы принимали участие в разработке методов измерения поляризации циркулирующих пучков и экспериментальном исследовании механизма радиационной поляризации пучков. Вами совместно с коллективом был предложен, развит и реализован метод прецизионного измерения масс элементарных частиц с помощью резонансной деполяризации электрон-позитронных встречных пучков (эксперименты на ВЭП-4).

Также нельзя не отметить Ваш совместно с академиками В. В. Пархомчуком и Н. С. Диканским и коллективом исследователей вклад в теорию электронного охлаждения (1970-е гг.), разработки в области физики ионизационного охлаждения мюонных пучков: концептуальные проекты мюонных коллайдеров и нейтринных фабрик (1980-е гг.), работы в области лазеров на свободных электронах (ЛСЭ) — в 1977 г. Вами была предложена важная его модификация — оптический клистрон, а затем на его основе были выполнены прикладные работы в области электронно-лучевых технологий, медицинской техники и систем безо-

пасности. В начале 1990-х гг. Вы начали развивать новое перспективное направление — создание электронных лазеров с высокой средней мощностью на базе ускорителей-рекуператоров. Это привело к тому, что под Вашим руководством и руководством Г. Н. Кулипанова по проекту Н. А. Винокурова в ИЯФ СО РАН был сооружен ЛСЭ на базе высокочастотного ускорителя-рекуператора, а затем создан Новосибирский лазер на свободных электронах — уникальный источник когерентного электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн от 5 до 240 микрон, превосходящий мировые аналоги по средней мощности излучения.

В настоящее время в Новосибирске при Вашем активном участии ведутся эксперименты по физике высоких энергий на коллайдере ВЭП-4М и новом коллайдере ВЭП-2000, а также разрабатывается проект нового ускорительного комплекса ИЯФ СО РАН (ВЭП-6) на основе технологии crab waist.

Ваши выдающиеся научные достижения высоко оценены научным сообществом. Вы являетесь лауреатом Ленинской премии (1967 г.), Государственной премии СССР (1989 г.), двух Государственных пре-

мий РФ (2001 г., 2006 г.), Государственной премии Новосибирской области (2010 г.), Демидовской премии (1997 г.), награждены Золотой медалью РАН им. В. И. Векслера (1991 г.), Золотой медалью РАН им. П. Л. Капицы (2004 г.). В 2001 г. Вы были удостоены премии им. Р. Р. Уилсона Американского физического общества, в 2003 г. — премии им. А. П. Карпинского (Фонд Топфера, Германия). В 2015 г. награждены памятной медалью ЦЕРН им. Дитера Меля — за достижения и вклад в области охлаждения пучков и их применения. Вы награждены орденом «За заслуги перед Отечеством» I степени (2024 г.). Ваше имя внесено в энциклопедию «Лучшие люди России», а также Вам присвоено звание «Почетный житель города Новосибирска».

Вы являетесь автором и соавтором более 850 научных публикаций, принимаете активное участие в подготовке научных кадров. Среди Ваших учеников 4 академика, 5 членов-корреспондентов РАН, 19 докторов и 50 кандидатов наук.

Кроме того, Вы ведете большую научно-организационную работу. В настоящее время Вы являетесь научным руководителем ИЯФ СО РАН. С 1977 по 2015 г. Вы возглавляли Институт ядерной физики Сибирского отделения РАН. Многие десятилетия являлись членом Президиума РАН и Президиума СО РАН, руководителем секции ядерной физики Отделения физических наук РАН, в 2001–2004 гг. были членом Совета при Президенте РФ по науке и высоким технологиям.

В этот знаменательный день, дорогой Александр Николаевич, мы от всей души желаем Вам крепкого здоровья, новых научных и творческих достижений, счастья и благополучия Вам и Вашим близким!

**Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон**

**Председатель ОУС СО РАН
по физическим наукам
академик РАН Н. А. Ратахин**

**Главный ученый секретарь СО РАН
член-корреспондент РАН А. А. Тулупов**

Члену-корреспонденту РАН Ивану Власовичу Гордиенко — 90 лет

Глубокоуважаемый Иван Власович!

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН наук о Земле сердечно поздравляют Вас, ученого мировой величины, с 90-летним юбилеем! Эта знаменательная дата является прекрасным поводом выразить наше глубокое уважение и признательность за Ваш выдающийся вклад в развитие геологической науки.

Ваше упорство, талант, любовь к науке и стремление к познанию позволили Вам создать новое научное направление — «Магматическая геодинамика», которое получило признание среди коллег и оказало значительное влияние на современные представления о процессах формирования Земли. Рассмотрение магматизма и геодинамики как составных частей единого процесса привели Вас к расшифровке сценария геодинамической эволюции и формирования консолидированной литосферы складчатых поясов. Ваш много-

летний труд увенчался огромным количеством значимых открытий и достижений. Вы детально изучили и охарактеризовали офиолитовые и островодужные комплексы Палеоазиатского океана, а также вулканоплутонические пояса рифтогенного и субдукционного типа, формирование которых происходило на древних континентальных окраинах.

Геодинамический анализ позволил Вам не только развивать фундаментальные исследования, но и решать вопросы прикладной направленности, в частности поиска месторождений полезных ископаемых и металлогенического анализа. Под Вашим научным руководством были проведены многочисленные экспедиции, результатом которых стало открытие на территории Бурятии ряда редкометалльных и редкоземельных проявлений, связанных со щелочными гранитами и сиенитами в Восточном Саяне, выявление Монголо-Забайкальской цеолитоносной провинции с практически неисчерпаемыми запасами цеолитового сырья, составле-

ние прогнозно-металлогенической карты Юго-Западного Прибайкалья на бериллий, а также прогнозной карты на апатитовое оруденение территории Бурятии. Открытие новых месторождений редких металлов и минералов существенно обогатило ресурсную базу нашей страны.

На посту председателя Президиума Бурятского научного центра СО РАН Вы проводили активную научную и научно-техническую политику в регионе. Под Вашим руководством и при непосредственном участии были разработаны комплексные региональные и межрегиональные научно-технические программы «Бурятия. Наука и техника», «Настоящее и будущее Байкало-Ленского региона (перспективы устойчивого развития)», организован региональный конкурс Российского фонда фундаментальных исследований совместно с Правительством Республики Бурятия по проблеме озера Байкал и Байкальского региона.

Ваша роль в науке выходит далеко за рамки одних лишь научных изысканий.

Вы внесли огромный вклад в подготовку молодых ученых, передавая знания будущим поколениям геологов. Ваши лекции и практические занятия сформировали целое поколение исследователей, продолжающих традиции Вашей школы. Сегодня научные коллективы активно развивают идеи, заложенные Вами много лет назад.

Дорогой Иван Власович, поздравляя Вас с юбилеем, от всей души желаем Вам крепкого здоровья, долгих лет плодотворной деятельности, новых идей и успехов в исследованиях. Пусть сила духа и вдохновение будут постоянными спутниками Вашего пути!

**Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон**

**Председатель ОУС СО РАН наук о Земле
академик РАН М. И. Эпов**

**Главный ученый секретарь СО РАН
член-корреспондент РАН А. А. Тулупов**

Израиль включается в орбиту научной дипломатии СО РАН

Новосибирский научный центр посетил Чрезвычайный и Полномочный Посол Государства Израиль в Российской Федерации Йосеф Оded.

Встречая израильского дипломата на площадке Выставочного центра СО РАН, заместитель председателя Сибирского отделения академик **Василий Михайлович Фомин** обозначил точку отсчета новейшей академической истории нашей страны. «Прошло всего 12 лет после окончания Великой Отечественной войны, — напомнил он. — Погибло свыше 20 миллионов человек, вся европейская часть была разрушена и разорена. И в это время было решено создавать новый мощный научный центр в Сибири, чтобы сюда приезжали работать ведущие ученые. Академики **Михаил Алексеевич Лаврентьев**, **Сергей Алексеевич Христианович** и **Сергей Львович Соболев** получили одобрение своей инициативы — основать Сибирское отделение Академии наук и новосибирский Академгородок. Они реализовали важный принцип: при-

возить с собой молодых и перспективных исследователей».

Перейдя к современности, Василий Фомин отметил масштаб деятельности СО РАН: «Под эгидой Сибирского отделения ведется научная деятельность на территории свыше 11 миллионов квадратных километров — обширнее Китая. Здесь работают 207 членов Российской академии наук, а общее количество исследователей составляет более десяти тысяч». «Все наши институты создавались по целевому признаку для решения исходных задач, поставленных перед наукой: фундаментальных, поисковых и прикладных. Столь же важным принципом была междисциплинарность исследований, — продолжил заместитель главы СО РАН. — Сегодня эти принципы полностью выдерживаются и воплощаются в новых проектах». В качестве иллюстрации был представлен источник синхротронного излучения поколения 4+ СКИФ — «яркий пример обеспечиваемого Сибирским отделением научно-технологического лидерства России».

Говоря о потенциале российско-израильского сотрудничества, академик

В. М. Фомин подчеркнул: «Много наших ученых по разным причинам некогда уехали в Израиль, с ними остались хорошие связи, но интенсивность собственно научных контактов видится пока недостаточной». «Я не вижу причин, препятствующих установлению новых коллабораций, — отреагировал Йосеф Оded. — Поэтому я здесь. На должности посла в Российской Федерации я работаю совсем недолго, но уже понял, насколько важно в России выстраивать работу через регионы».

Посол Израиля предложил изначально сосредоточиться на нескольких особо актуальных сферах: медицине, аграрной науке, экологии и управлении водными ресурсами. Аргументируя такой подход, Йосеф Оded подчеркнул важность наличия серьезных научных и научно-практических заделов в этих областях, имеющихся в двух странах. «У нас в Израиле, например, — рассказал дипломат, — хорошо развивается использование искусственного интеллекта в медицине. С 1948 года, с самого основания нашего государства, сохраняются данные практически всех пациентов, ко-

торые в настоящее время оцифрованы. Это открывает возможности для многих прорывных решений в здравоохранении при сохранении, естественно, требований конфиденциальности». Со своей стороны В. М. Фомин сообщил об успехах телемедицины, достигнутых в научных и клинических учреждениях Сибири.

В ходе встречи обсуждались потенциальные форматы сотрудничества сибирских и израильских ученых. Заместитель председателя СО РАН предложил активизировать диалог в рамках Ассоциации академий наук стран Азии (ААСА), членами которой являются Сибирское отделение РАН и Академия естественных и гуманитарных наук Израиля. Также Василий Фомин и Йосеф Оded рассмотрели возможность совместных обращений в Российский научный фонд, поскольку слившийся с ним Российский фонд фундаментальных исследований до 2020 года успешно проводил российско-израильские грантовые конкурсы.

 NBC

НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

Ученые ИЯФ представили важные разработки 2025 года

Ученые Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН рассказали о важных исследованиях института, которые получили существенное продвижение в 2025 году. Среди них — новый вычислительный метод для повышения точности экспериментов, технологии для нагрева плазмы в токамаках и система для увеличения интенсивности пучка.

Новый метод вычислений, который повысит точность экспериментов на электрон-позитронных коллайдерах Для экспериментов на установках в физике элементарных частиц необходимы точные теоретические расчеты свойств известных процессов. Ученые во всем мире работают над тем, чтобы повысить точность теоретических предсказаний. Как правило, эта задача формулируется в рамках теории возмущений, где различные вклады в наблюдаемые величины изображаются диаграммами Фейнмана. Чем выше точность вычисления, тем более сложные диаграммы (с большим числом вершин и петель) нужно учитывать. Если раньше можно было принимать во внимание только диаграммы без петель или с одной петлей, то для следующего поколения коллайдерных экспериментов таких вычислений недостаточно.

Оказалось, что эту задачу можно решить с помощью системы дифференциальных уравнений. В теоретическом отделе ИЯФ СО РАН был разработан алгоритм преобразования системы дифференциальных уравнений к эпсилон-форме. Таким образом, ученые предложили новый метод для расчета многопетлевых поправок, который позволит делать высокоточные теоретические предсказания.

«С помощью этого метода мы сможем в несколько раз улучшить точность наших измерений в планируемых на ВЭПП-2000 экспериментах. Наша цель — достичь такой точности измерения, чтобы точность теоретического предсказания величины аномального магнитного момента мюона улучшилась в три-четыре раза. Стоит отметить, что результаты наших теоретиков интересны не только нам, но и всем экспериментам на электрон-позитронных коллайдерах: BEPC-II (Китай), SuperKEKB

(Япония), проектируемый FCC-ee (ЦЕРН)», — отметил заместитель директора ИЯФ СО РАН по научной работе член-корреспондент РАН **Иван Борисович Логашенко**.

Также ученый рассказал, что в текущей конфигурации ВЭПП-2000 уже практически набран финальный объем данных, сейчас активно идет их обработка, появляются новые результаты. Чтобы на ВЭПП-2000 можно было проводить эксперименты с большим уровнем точности, для этого коллайдера создана программа обновления детекторов. Также ученые ИЯФ СО РАН разрабатывают проект ВЭПП-6. Предполагается, что это будет коллайдер с рекордной светимостью в мире, который позволит ответить на многие вопросы, связанные с изучением физики сильных взаимодействий.

В шесть раз увеличена интенсивность пучков для коллайдера NICA

Специалисты ИЯФ СО РАН и Объединенного института ядерных исследований (Дубна) добились прогресса в создании пучков тяжелых ионов для коллайдера NICA. Совместными усилиями ученые смогли значительно увеличить плотность пучков, используя технологию электронного охлаждения, разработанную новосибирскими исследователями. В 2025 году в ходе испытаний методом последовательной инжекции удалось добиться шестикратного увеличения интенсивности пучка.

Для любого пучкового эксперимента важна высокая концентрация частиц в пучке, ведь это ускоряет и улучшает качество самого процесса. Однако непрерывно добавлять новые порции частиц невозможно — старые должны каким-то образом уплотняться, освобождая пространство для новых. Природа предусмотрела механизм сжатия легких частиц вроде электронов и позитронов. Это явление называется синхротронным излучением, оно эффективно удаляет лишнюю энергию и уменьшает размер пучка. Тяжелые частицы, такие как протоны и ионы, почти не подвержены такому механизму, поскольку их собственное излучение крайне слабо.

«Всего придумали два способа, как сжимать пучки тяжелых частиц. Один из них был создан у нас в институте и на-

зван электронным охлаждением. Он был предложен основателем ИЯФ академиком **Гершем Ицковичем Будкером** и реализован его учениками. Принцип работы следующий: в ускорителе движется пучок протонов и ионов, рядом с которым направляется пучок электронов, имеющих гораздо меньшую температуру. Если представить себя внутри ускорителя, то вы увидите горячую плазму ионов и холодный электронный газ. Ионы передают тепло холодному электронам, после чего покидают зону взаимодействия, оставляя за собой сжатый и охладившийся пучок протонов», — рассказал заместитель директора ИЯФ СО РАН по научной работе член-корреспондент РАН **Евгений Борисович Левичев**.

Система электронного охлаждения для бустера коллайдера NICA служит для концентрации пучка ионов при вводе (энергия ионов составляет 3,2 МэВ/н) и последующей передачи его в кольцо нуклотрона. Изначально эта система была спроектирована и проверена в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, а затем передана в Объединенный институт ядерных исследований. В 2025 году совместными усилиями обеих организаций удалось продемонстрировать успешную многократную подачу ионов в продольное фазовое пространство с применением электронного охлаждения.

Технологии для нагрева плазмы в больших токамаках

В ИЯФ СО РАН развиваются атомарные инжекторы — устройства, необходимые для диагностики и нагрева плазмы до термоядерных температур в установках с магнитным удержанием (токамаках, открытых ловушках) для проведения экспериментов в области управляемого термоядерного синтеза.

Сейчас ученые института активно работают над созданием нового отечественного токамака с использованием технологии реактора в рамках программы «Технологии термоядерной энергетики», которая является частью нацпроекта «Новые атомные и энергетические технологии». Исследователи сделали опытный

образец устройства, способного создавать высокоскоростные частицы посредством направленного потока отрицательно заряженных водородных ионов, обладающих энергией порядка 400 киловольт и силой тока больше 1 ампера.

«В рамках федерального проекта «Технологии термоядерной энергетики» нам поручено разработать систему дополнительного нагрева термоядерной плазмы в токамаке ТРТ. В этом году мы подготовили техническую документацию для реализации этой системы, ключевое достижение связано с успешным функционированием прототипа на нашем оборудовании. Ожидается, что готовая система обеспечит мощность пучков в 20 МВт, длительность воздействия — не менее 100 секунд и энергию каждого отдельного протона — в 500 кэВ. Этого достаточно, чтобы поддерживать стабильное состояние термоядерной плазмы. Созданный прототип станет базовой единицей, многократное тиражирование которой позволит собрать полнофункциональный инжектор согласно разработанному проекту», — рассказал заместитель директора по научной работе ИЯФ СО РАН доктор физико-математических наук **Пётр Андреевич Багрянский**.

Формирование пучка с высоким уровнем тока, большой энергией и продолжительной длительностью импульса представляет собой сложную инженерную проблему, для преодоления которой институт разработал несколько оригинальных технологических решений.

«Инжекторы высокоэнергетичных нейтралов представляют собой основной инструмент для разогрева плазмы. Над созданием таких устройств трудится ряд исследовательских групп по всей планете. Наш инжектор построен по классической схеме, однако обладает уникальными характеристиками, такими как четкое отделение ионного источника от ускорителя переходной областью с интенсивной откачкой. Она позволяет очистить пучок от паразитных примесей», — прокомментировал старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Олег Захарович Сотников**.

Диана Хомякова, Ирина Баранова

Российские ученые создали веб-приложение, способное расшифровывать состав микровключений в минералах

Ученые из Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН (Новосибирск), Института геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН (Иркутск) и Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана РАН (Москва) представили веб-приложение ArDI (Advanced spectRa Deconvolution Instrument) с набором инструментов, который кардинально упрощает идентификацию микрокристаллов минералов во флюидных и расплавных включениях. ПО анализирует спектр, полученный с помощью широко используемого метода спектроскопии комбинационного рассеяния света. Такой метод позволяет идентифицировать структуру и состав вещества без разрушения образца. Новейшей разработке российских ученых посвящена статья в одном из ведущих мировых научных изданий *Journal of Raman Spectroscopy*.

Для расшифровки сложных по составу включений в приложение ArDI были интегрированы нейросетевые технологии, методы индексного поиска Faiss и алгоритмы разделения сложного исходного спектра КРС на составляющие его компоненты. Благодаря использованию сразу нескольких инструментов ArDI существенно упрощает процесс идентификации минералов размером от первых до нескольких десятков микрон, даже если они скрыты внутри других кристаллов, газов или жидкостей.

Авторы идеи создания приложения и его первые разработчики — кандидат физико-математических наук **Роман Юрьевич Шендрик** (ИГХ СО РАН), доктор геолого-минералогических наук **Сергей Захарович Смирнов** (ИГМ СО РАН) и доктор геолого-минералогических наук **Павел Юрьевич Плечов** (Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН).

Что собой представляют включения в минералах?

Все горные породы состоят из минералов. Их быстрая и надежная диагностика является важной задачей практической работы геологов. Каждый минерал — это фиксированный набор атомов химических элементов, сложенных в строго определенном геометрическом порядке, называемом кристаллической структурой. Даже результаты макроскопической диагностики позволяют ученому с уверенностью рассуждать о том, каким было первоначальное вещество, из которого образовывалось сообщество, или, как говорят геологи, ассоциация минералов, на каких глубинах и при каких температурах это происходило.

«Когда минерал крупный, осязаемый, его можно определить, просто научившись отличать от других. Многие макроскопические качества, например цвет черты, блеск, позволяют большинство минералов определить прямо на глаз, — объясняет заместитель директора по научной работе ИГМ СО РАН доктор геолого-минералогических наук **Сергей Захарович Смирнов**, — но мы работаем с более мелкими размерами, где уже методы макродиагностики применить невозможно».

Флюидные и расплавные включения представляют собой микроскопические капельки и пузырьки в минерале-хозяине. Эти включения содержат газы, жидкости и продукты их затвердевания, в которых могут присутствовать кристаллики разных других минералов размером в сотые и тысячные доли миллиметра, — маленькие «капсулы времени», способные миллионы лет хранить в законсервированном состоянии флюиды (высокотемпературные плотные газы) и расплавы, захваченные минералом в процессе его роста. На основе анализа включений становится возможным определять, как формировались руды, как эволюционировала магма, а исходя из этих данных — прогнозировать, где могут быть скрыты новые месторождения меди, свинца, лития, золота и других важных для страны металлов.

Методы геохимического анализа и спектроскопия КРС

Определение структуры и состава таких мельчайших объектов представляет собой серьезную проблему. Для ее решения ученому нужен очень точный и деликатный инструмент. Существуют различные методы геохимического анализа, но большинство из них не подходит для исследования одиночных редких микроскопических зерен минералов, которые еще и находятся внутри других минералов. Распространенные методы или требуют разрушения всего образца для извлечения включения, или уничтожают его в процессе анализа, или в принципе не в состоянии хорошо работать с объектами очень малых размеров.

Спектроскопия КРС — аналитический метод, основанный на взаимодействии когерентного монохроматического света с электронными оболочками химически связанных атомов, составляющих исследуемый объект, в данном случае — минерал. В результате часть света, проходя через изучаемый минерал, изменяет свои частотные характеристики. Эти изменения регистрируются, и исследователь получает распределенный по длинам волн рисунок сигналов — спектр взаимодействовавшего с веществом света. Распределение сигналов по длинам волн и взаимные соотношения их интенсивностей являются уникальными для конкретных атомов в конкретном структурном состоянии и позволяют с высокой степенью достоверности идентифицировать сам минерал.

Ключевым преимуществом метода является то, что разрушение исследуемого вещества не требуется, а использование микроскопов в конструкции новейших спектрометров позволяет сфокусировать световой пучок в объеме в несколько десятков кубических микрометров. Современные приборы даже из таких крохотных объемов извлекают высококачественные данные.

Тем не менее такой анализ осложняется рядом факторов. Во-первых, спектры минералов во включениях и вмещающего их кристалла (минерала-хозяина) накладываются. Ученому необходимо правильно распознать наложения и разъединить их. Во-вторых, рисунок спектров КРС может зависеть от ориентации кристалла и индивидуальных особенностей состава и структуры каждого из минералов. Следовательно, вариантов рисунка одного и того же минерала может быть несколько, что еще больше усугубляет первую проблему. В-третьих, в процессе получения полезного сигнала всегда будут присутствовать шум и артефакты, искажающие сигнал, которые также необходимо учитывать. Кроме этого, для точной идентификации нужно иметь образец спектра, с которым можно сравнить изучаемый объект. Поэтому исследователи во всем мире создают базы эталонных спектров разных минералов.

На выполнение работы по расшифровке спектра исследователь может потратить несколько дней и более. В случае, если спектр сложный и расшифровать его

достоверно не получается, ученый вынужден делать дополнительные анализы объекта исследования другими методами.

«В свое время, работая с включениями, мы с коллегами из ИГХ СО РАН открыли совершенно необычный тип водных растворов флюидных включений в минералах. Всегда считалось, что растворы, которые заключены в минералах, имеют хлоридный состав. Это понятно: если у нас океаны содержат соль, то очевидно, что и эндогенные флюиды (высокотемпературные плотные газы, которые находятся в недрах земли. — *Прим. ред.*) тоже должны ее содержать в растворенном состоянии. Однако когда мы исследовали включения в пегматитах (горные породы, образованные насыщенной летучими веществами магмой в толще земной коры, которые отличаются специфической структурой с крупными и иногда гигантскими размерами слагающих их кристаллов и обогащены редкими минералами. — *Прим. ред.*), то обнаружили, что там хлора может не быть совсем, зато очень много бора. Благодаря применению спектроскопии КРС для исследования микровключений в минералах мы нашли в них мельчайшие кристаллики ортоборной кислоты — сассолина, и открыли совершенно иной геохимический тип флюидов. Это открытие — предмет гордости нашего института и моей личной, — рассказывает С. З. Смирнов. — Тем не менее в тот период мы очень много времени потратили на распознавание спектров, рассчитывали все и сравнивали вручную. В нашей статье мы показали, как приложение за несколько минут справляется с той же задачей, которую мы решали на протяжении месяцев, при этом оно демонстрирует результат очень высокой степени достоверности».

ArDI — инструмент для решения рутинных задач

Приложение ArDI создано для автоматизации рутинных задач профессионального минералога. Выделить в спектре пиковые значения отдельных минеральных фаз и разложить его на простые компоненты позволяет алгоритм фазового анализа (RPA). Для быстрого поиска соответствий по базам данных разработчики внедрили в систему индексного поиска Faiss — самую распространенную на сегодняшний день библиотеку алгоритмов, позволяющих преобразовывать какие-либо данные в числовой формат и осуществлять их группировку по заданным параметрам. Для распознавания сложных спектров исследователи интегрировали в систему нейросетевые технологии и применили методы машинного обучения (искусственный интеллект). Гибридная система распознавания позволяет достигать точности в идентификации минералов до 96,3 %.

Онлайн-платформа (ardi.fmm.ru) бесплатная и использует для поиска несколько баз данных, включая всемирно известную RRUFF и ROD. Собственная база ArDI, в которой все загружаемые спектры прошли тщательнейшую проверку на качество, уже содержит порядка 3 800 эта-

лонных спектров более 1 000 природных и искусственных веществ.

«Когда задумали ArDI, у нас была первая мысль — создать базу данных, которая будет существенно отличаться от имеющихся. Даже самая распространенная база рамановских спектров RRUFF на сегодняшний день содержит далеко не все спектры и в ряде случаев не удовлетворяет нас по качеству. Роман Шендрик проводит очень тщательный отбор загружаемых в базу ArDI эталонных образцов. В частности, при загрузке спектра требуется внести информацию про исследуемый минерал: откуда он, где в данный момент находится изученный образец, у кого. Если по минералу есть информация о составе, она должна быть загружена. Если по нему есть публикация — требуется приложить копию статьи», — комментирует Сергей Смирнов.

Разработка российских ученых позволит сократить расходы на сложные анализы, ускорить время, необходимое для идентификации минералов в сложных ассоциациях. Также ПО потенциально полезно для исследований вещества на поверхности планет земной группы, каменных спутников газовых гигантов в Солнечной системе, а также астероидов и комет. Приборы, осуществляющие анализ методом рамановской спектроскопии, отличаются компактностью и ими можно оснащать космические аппараты. В свою очередь, приложение ArDI способно с высокой точностью быстро расшифровывать полученные спектры.

С момента появления первой информации о запуске проекта ArDI в журнале «Новые данные о минералах» в 2024 году ArDI воспользовались уже более 3 000 человек. Зарегистрированными пользователями приложения стали ученые из более чем 20 организаций. Сюда входят ведущие академические институты, вузы и представители промышленного сектора экономики России, университеты и компании различных зарубежных стран на всех континентах. ArDI размещено в реестре отечественного программного обеспечения.

В настоящее время пополнение базы данных обеспечивается в основном информацией, полученной разработчиками в своих научных исследованиях, а также за счет спектров минералов из коллекции Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана РАН, насчитывающей более 4 000 минеральных видов, и Центрального Сибирского геологического музея ИГМ СО РАН, содержащей около 1 600 минеральных видов. Ученые приглашают к сотрудничеству специалистов для дальнейшего пополнения базы эталонных спектров. Сегодня в работу включились отечественные и зарубежные научные организации, ведущие исследования в области наук о Земле. По количеству эталонных спектров в базе данных (более 3 800) ArDI опережает все подобные разработки в мире, кроме RRUFF, при этом база содержит спектры 900 минералов, из которых 850 в RRUFF отсутствуют.

Ученые исследуют магнитную восприимчивость почв Сибири

Исследователи из Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (Якутск), Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (Улан-Удэ) и Иркутского государственного университета исследовали магнитную восприимчивость почв Сибири. Этот показатель позволит получить информацию о составе почвы, уровнях загрязнений и процессах, происходящих под землей. Статья о работе опубликована в международном журнале *Eurasian Soil Science*.

Каждая почва обладает своей способностью реагировать на магнитное поле Земли. Эту реакцию называют магнитной восприимчивостью. Такая особенность в разных почвах варьируется от того, какие магнитные минералы содержатся в грунте, особенно железосодержащие, например гематит и магнетит. Чем больше таких минералов, тем сильнее почва реагирует на магнитное поле.

Магнитная восприимчивость может служить надежным показателем изменений в грунте, вызванных как природой, так и деятельностью человека. Хотя для мерзлых областей такие выводы пока сделаны осторожно, в регионах с обычной температурой это давно подтверждено наукой. Дело в том, что такой показатель отражает возраст и развитие почвы. Например, молодые почвы обладают одним уровнем магнитной восприимчивости, а зрелые, сформировавшиеся — другим. Так, в гумусовом горизонте чернозема, богатым перегноем, наблюдается самая высокая магнитная восприимчивость, характерная для обычных почв. Считается, что причина этого — образование биогенного магнетита. Его появление вызвано особыми условиями и работой микроорганизмов, обитающих в почве.

Различные типы структуры магнитных профилей и конкретные значения магнитной восприимчивости рассказывают ученым о текущих процессах, происходящих в почве. Если в грунте разрушаются магнитные частицы, как бывает в заболоченных или подзолистых почвах, показатели магнитной восприимчивости снижаются. Максимальная же восприимчивость встречается в тех почвах, где активно накапливается железо: например, в уже названных черноземах. Впрочем, самые высокие показатели характерны для южных почв: желтоземов и особенно для красноземов, которые формируются преимущественно в субтропической зоне. Здесь объемная магнитная восприимчивость может достигать до 500–600 единиц Си.

«До недавнего времени никто серьезно не изучал магнитные свойства мерзлотных почв Сибири. Лишь иногда проводили отдельные измерения, но целостных исследований не было. Важно не просто замерять магнитную восприимчивость, а увязывать ее с особенностями самих почв, искать закономерности. Мы занимаемся этим вопросом, потому что в Якутии, где распространены мерзлотные почвы, действуют особые процессы: накопление солей, карбонатных соединений и специфического железистого вещества. Именно магнитная восприимчивость позволяет увидеть структуру и оценить происхождение этих почв. Мы создали такую картину на основе анализа отдельных регионов Якутии и выделили характерные черты



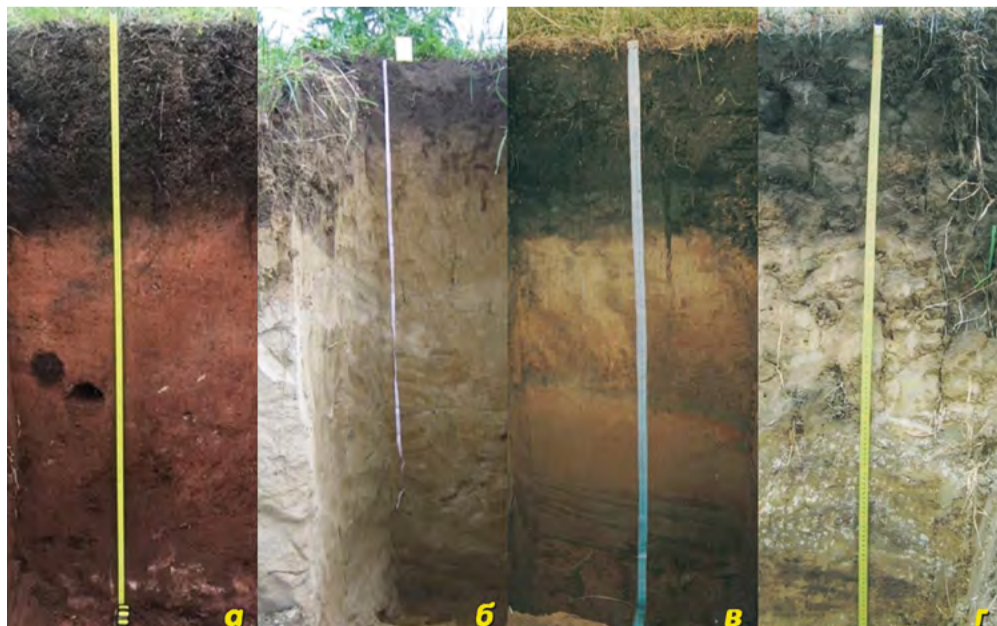
Кандидат биологических наук А. А. Алексеев (слева) и доктор биологических наук А. П. Чевычелов (справа) обсуждают последние результаты почвенных исследований сотрудников ИБПК СО РАН

каждого типа почв», — рассказывает главный научный сотрудник Института биологических проблем криолитозоны СО РАН доктор биологических наук **Александр Павлович Чевычелов**.

Исследователи сравнили магнитные профили для разных типов почв: обычных европейских черноземов, промерзающих почв Западной Сибири и мерзлотных почв Якутии. Оказалось, что европейские черноземы имеют ярко выраженный гумусо-аккумулятивный тип магнитного профиля. Это значит, что в них преобладает накопление магнитных минералов благодаря активному формированию гумуса. Мерзлотные черноземы Якутии проявляют смешанный характер: одновременно признаки накопления и потери магнитных свойств, что называется ре-

грессивно-аккумулятивным магнитным профилем. Причем значения магнитной восприимчивости в них оказались значительно выше. Предположительно, это связано с особым процессом мерзлотного обогащения железистыми соединениями (криогенное ожелезнение). Однако это лишь предварительная гипотеза, которую предстоит подтвердить дополнительными масштабными исследованиями.

В качестве инструментов ученые использовали капаметры КМ-7 — специальные приборы для измерения магнитной восприимчивости почв. Эти устройства удобны тем, что прямо в поле, непосредственно в почвенном разрезе, позволяют быстро определить объемную магнитную восприимчивость почвы. Она показывает, насколько почва может намагничиваться.



Почвенные профили черноземов Сибири: а — чернозем обыкновенный, разрез Унга-1; б — чернозем обыкновенный, разрез 14У; в — чернозем обыкновенный, разрез 24Т-03; г — чернозем выщелоченный, разрез 7БС-20

Удельная магнитная восприимчивость учитывает не только объем, но и массу почвы. Этот показатель точнее отражает магнитные свойства конкретного типа почв. Удельную магнитную восприимчивость с помощью такого устройства удалось вычислить впервые. Для этого пробы помещались в контейнер из немагнитного материала. Ученые изготовили их на 3D-принтере. В каждый из контейнеров помещается ровно 100 кубических сантиметров почвы. Такие данные позволяют не только оценить качество грунта, но и диагностировать уровни загрязнения. Новый метод был официально запатентован, а его проверка показала высокую точность: отклонения составили всего 5–15%.

«Важно помнить, что сама по себе магнитная восприимчивость не даст полной картины. Нужен целый комплекс наблюдений и анализов. В Сибири, особенно в Якутии, почва содержит немало интересного, однако техническая оснащённость оставляет желать лучшего. Наша задача — наладить сотрудничество с теми регионами, где лаборатория мощнее, и совместными усилиями добиться новых результатов», — отметил Александр Чевычелов.

Ученые уже проанализировали магнитную восприимчивость почв крупных городов Якутии: Нерюнгри, Алдана, Якутска и Мирного. Составили детальные карты городских территорий, которые показывают зоны повышенной техногенной загрязнённости. Каждый город показал себя по-разному: в Алдане проблемы связаны с автомобильными выбросами, а в Нерюнгри ситуация осложняется пылью от угольных разработок. Теперь можно увидеть, где сосредоточены участки с повышенным уровнем магнитной восприимчивости, обусловленные загрязнением тяжелыми металлами.

«Сейчас нам предстоит изучить магнитную восприимчивость основных типов мерзлотных почв Центральной, Южной и Северной Якутии и сравнить полученные данные. Речь идет не об одном участке, а о статистически значимых выборках (минимум 5–10 разрезов с каждой местности). Нужно посчитать среднее значение по основным генетическим горизонтам почвы (ее слоям, которые различаются составом и свойствами. — Прим. ред.) и учесть возможные погрешности. Кроме того, хочется сравнить эти характеристики с аналогичными параметрами немерзлотных почв, например с обычными черноземами Восточно-Европейской равнины. Наша цель — понять, какое влияние оказывает фактор многолетней мерзлоты на формирование почвенных процессов», — поделился планами ученый.

Ирина Баранова
Фото предоставлены исследователем

Обезвредить до появления: зачем в Красноярске выращивают гибридов шелкопрядов

Ученые проводят генетические эксперименты и скрещивают два разных вида в лаборатории. Это не сюжет фантастического романа, а реальные исследования, которые проводятся в одной из лабораторий ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН». Специалисты выращивают гибриды двух лесных вредителей: сибирского и соснового шелкопрядов. Биологи проверяют, будут ли эти особи наследовать худшие черты родителей.

О работе, которая может изменить подходы к раннему выявлению опасных видов и защите лесов в целом, рассказала руководитель проекта РНФ ведущий научный сотрудник Института леса им. В. Н. Сукачёва ФИЦ КНЦ СО РАН доктор биологических наук **Наталья Ивановна Кириченко**.

Два насекомых: обжора и гурман

Сибирский шелкопряд считается одним из самых разрушительных вредителей таежных лесов. Его гусеницы пожирают хвою различных видов растений: лиственницы и кедра, пихты, а также могут развиваться на ели и сосне. Такая всеядность делает «сибиряка» чрезвычайно опасным. К тому же этот вид способен быстро размножаться и за считанные годы уничтожить леса на огромных площадях.

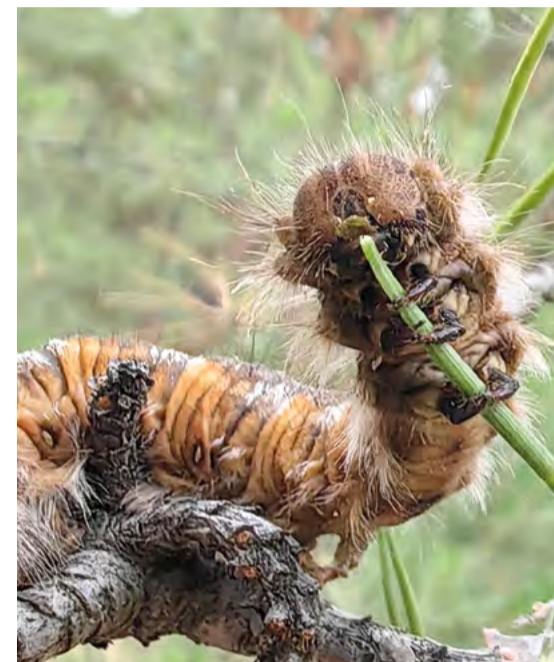
Вспышки массовых размножений сибирского шелкопряда сродни лесным пожарам. Вредитель может вспыхнуть одновременно в нескольких местах и, мигрируя при недостатке корма из начальных точек, обесхвоить тысячи гектаров тайги в короткое время. Без хвои деревья обречены на гибель: они не могут заново ее отрастить, если потеряли по всей кроне. Такие деревья быстро ослабевают и становятся легкой добычей для стволовых вредителей, которые окончательно их добивают. В итоге лес превращается в сухостой, «спички», — высокий горючий материал для масштабных пожаров. Исключение составляет лиственница. Она способна отращивать новую хвою по всей кроне, но тратит при этом огромный жизненный ресурс, и если гусеницы шелкопряда объедят ее повторно, этого лиственничники уже не переживут.

Сосновый шелкопряд, напротив, более избирателен в своем питании. Его рацион ограничен сосной, хотя в исключительных случаях вредитель может питаться и другими хвойными, но крайне неохотно. Вспышки этого вида не такие мощные и не охватывают огромные территории, что не позволяет сосновому шелкопряду опустошать леса с той же скоростью и размахом, что и его сибирскому собрату.

Ареалы этих двух видов в России в определенной степени перекрываются. Так, оба шелкопряда встречаются в Красноярском крае и соседних регионах. Обычно разные виды не скрещиваются из-за половой изоляции. У бабочек этот механизм кроется в особенностях строения гениталий самцов и самок. Ученые шутят, что это система «ключ и замок». Если ключ не подходит к замку, скрещивания не произойдет. У насекомых именно половая несовместимость является главным барьером межвидового скрещивания. Здесь же, в случае с двумя шелкопрядами, ключ к замку подошел. Более того, оказалось, что самцы соснового шелкопряда способны откликаться на половой феромон самок сибирского, а значит, шанс появления гибридов в природе ненулевой. Однако что получится из такого союза? Будут ли гибриды перенимать прожорливость от сибирского шелкопряда и тесную связь с сосной от соснового? Что, если новая гибридная угроза — химера двух видов —



Н. И. Кириченко



Гусеница ест хвоинку



Поврежденный лиственничник. Алтайский край

распространится по европейской части России и уйдет дальше на запад, где имеются сосновые леса?

Эксперимент века и шесть тысяч гусениц

Чтобы получить ответы на эти и другие вопросы, ученые решили реализовать уникальный эксперимент, аналогов которому в России сегодня нет. Первая попытка скрестить двух шелкопрядов предпринималась в 1950-х годах. Однако от того эксперимента осталось лишь семь образцов бабочек, сохраненных в крупнейшей в стране энтомологической коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург), и никаких научных данных, а тем более публикаций.

Новая возможность представилась красноярским ученым благодаря вспышкам массового размножения вредителей в 2025 году. В Алтайском крае и Республике Тыва при содействии коллег из соответствующих лесных служб: **Сергея Сапелкина**, директора филиала ФБУ «Рослесозащита» «Центр защиты леса Республики Тыва» и **Анатолия Рассказова**, лесничего из Ключевского лесничества Алтайского края, — исследователи смогли собрать сотни гусениц обоих видов шелкопряда.

В лаборатории ученые скрещивают виды в разных комбинациях: мама одного

вида, папа другого и наоборот. Сейчас в лаборатории содержатся шесть тысяч гусениц гибридов и чистых видов. Исследования позволят понять, какие признаки нового поколения гибридов унаследуют от родителей и, главное, будут ли они представлять еще более серьезную угрозу для лесов.

Создать гибрид — это не просто дать самцу и самке встретиться. Для организации встречи двух полов разных видов ученых приходится синхронизировать их развитие в лаборатории. В природе насекомые выходят из куколок с разбросом по времени. Специалисты нашли решение этой проблемы в холодильнике: низкая температура притормаживала развитие гусениц. Это позволило вывести оба вида одновременно, получить бабочек и поженить их.

Под руководством доктора биологических наук **Натальи Кириченко** и при кооперации с коллегами: кандидатом сельскохозяйственных наук **Александром Агеевым** и инженером-исследователем **Александрой Цырендоржиевой** из филиала Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства «Центр лесной пирологии» и кандидатом биологических наук **Сергеем Астапенко** из филиала «Рослесозащиты» «Центр защиты леса Красноярского края», — эксперимент реализует команда исследователей,



Фото с полей. Тыва, Алтай, июнь 2025

участников проекта РНФ, включая аспирантку **Марию Рязанову**. Именно Мария, задачи диссертационной работы которой попутно решаются в рамках данного проекта, — главный хранитель этого хрупкого мира и знает каждую гусеницу в лицо. Все процессы в лаборатории происходят под ее пристальным вниманием.

Фабрика насекомых

В инсектарии — фабрике насекомых — царит строгий режим: свет горит 16 часов в сутки, влажность и температура выверены до процента и градуса. Каждый день тысячам прожорливых насекомых доставляют свежий обед: кедровую и сосновую хвою. До сентября включительно им предлагалась и лиственничная — основной корм сибирского шелкопряда. Это делается, чтобы проверить, какие растения предпочитают гибриды. Гусениц выращивают в закрытых маркированных контейнерах, чтобы никого не перепутать. Исследователи каждый день тщательно убирают их жилища: очищают от остатков несъеденного корма, экскрементов, личинок шкурок, а также дезинфицируют, чтоб избежать возникновения инфекций. За время роста гусеница линяет до пяти-шести раз: сбрасывает свою старую хитиновую шкурку, которая, как тесная одежда, становится мала и не дает расти дальше.



Научная группа



Шелкопряды (сверху вниз):
сосновый, сибирский, гибрид



Гусеницы на хвое



Недавно вылупившиеся из яиц гусеницы



Гусеница



Бабочка гибрида сибирского и соснового шелкопрядов



Фонарик с отложенными яйцами на просвет

Биологи скрупулезно фиксируют продолжительность всех этапов развития насекомых – от яйца до имаго (взрослой стадии). Оценивают эффективность роста гусениц на хвое разных растений. Особенно важно отслеживать вес самок. Чем крупнее гусеница и куколка, тем больше яиц сформируется в теле бабочки. Плодовитость самки напрямую определяет потенциальную угрозу: чем больше яиц, тем больше гусениц и тем опаснее угроза для хвойных лесов.

Работа с подростками гусеницами требует особой осторожности: их тело покрыто волосками, которые при контакте могут вызывать аллергическую реакцию, похожую на дерматит. В природе эти волоски служат гусеницам надежной защитой. Покров с их включением делает гусениц несъедобными для ряда потенциальных хищников: от насекомоядных птиц до мелких млекопитающих.

Процесс окукливания – это, пожалуй, самый удивительный этап развития, в ходе которого происходит невероятное событие. Внутри только что сформировавшейся куколки запускается трансформация: ткани гусеницы растворяются, превращаясь в своего рода строительный суп. Из этого органического бульона начинают формироваться совершенно новые структуры: усики, крылья, половые органы. Сложный организм строится

заново, чтобы выйти в совершенно новом облике – бабочкой.

Молодая семья

Когда из куколок выходят бабочки, начинается самая деликатная часть эксперимента – спаривание. Взрослые особи шелкопрядов живут мало, в среднем около недели. Они не питаются, так как их ротовые органы редуцированы. Всю свою короткую жизнь бабочки шелкопрядов существуют исключительно за счет ресурсов, накопленных на стадии гусеницы. Их единственная цель – это найти партнера и оставить потомство.

Из-за тяжести брюшек, полных яиц, самки могут перемещаться только на короткие расстояния. Чтобы партнеры нашли их, самки выделяют половые феромоны, которые самцы чувствуют издалека. Уловив запах своими усиками, самцы способны преодолевать километры в поиске той самой.

В лаборатории женят насекомых ученые, скрещивая нужных для исследования самок и самцов. Они создают для пар шелкопрядов специальные апартаменты – бумажные фонарики, которые в шутку ученые называют «ипотечной программой “Молодая семья”». После спаривания внутри такого фонарика на заранее помещенную в него веточку кормового растения самка откладывает сотни яиц.

Специалисты берут их «на воспитание» – и цикл начинается заново.

Первые плоды

Эксперимент дал свои первые результаты. Сегодня биологи получили уже второе поколение гибридов соснового и сибирского шелкопрядов от таких же гибридных родителей. Это доказывает, что их потомство жизнеспособно, может развиваться и размножаться дальше.

Окраска гибридов удивительно разнообразна. Среди них встречаются серые особи, характерные для сибирского шелкопряда, рыжие, как у соснового, а также многочисленные промежуточные формы. Однако закономерности наследования этого признака пока остаются неясными. Для понимания требуются целенаправленные генетические исследования, направленные на выявление генов, ответственных за формирование окраски, и на раскрытие механизмов ее передачи.

Генетика – дело тонкое. Митохондриальный геном гибридное поколение наследует по материнской линии, а вот ядерный представляет собой сложную смесь признаков обоих родителей. Точные пропорции наследования таких ключевых характеристик, как прожорливость и потенциал к распространению, еще предстоит изучить. На данный мо-

мент гибриды и чистые виды развиваются с близкой скоростью.

Ученые ведут эту сложную и кропотливую работу в том числе и для того, чтобы научиться вовремя выявлять и правильно идентифицировать шелкопрядов. По внешнему виду, особенно на стадии гусеницы или куколки, отличить один вид от другого почти невозможно. В рамках проекта разрабатываются морфометрические и молекулярно-генетические подходы к идентификации и создается генетическая библиотека, которая должна помочь в определении вредителей на любой стадии развития, в том числе в выявлении гибридных форм. Разрабатываемые подходы позволят отслеживать современный ареал сибирского шелкопряда, что крайне актуально, учитывая карантинный статус этого вида в нашей стране и риски распространения вида в европейской части России. Этот эксперимент – важный вклад в защиту лесов, так как его результаты помогут улучшить подходы к мониторингу, своевременному выявлению и борьбе с насекомыми-вредителями в лесах России.

Исследования выполняются в рамках проекта, поддержанного грантом РНФ № 22-16-00075-П.

Мария Байкалова, группа научных коммуникаций ФИЦ КНЦ СО РАН
Фото Натальи Кириченко и Анастасии Тамаровской

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 НГУ, НГТУ, НГПУ.

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: 13.01.2026 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 26.12.1990 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!

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».

Уважаемые читатели!

Обращаем ваше внимание: согласно распоряжению СО РАН с 1 января изменились расценки на размещение информации в газете, а также на подписку на «Науку в Сибири». Стоимость одного номера газеты также выросла. Ознакомиться с расценками вы можете на сайте <https://www.sbras.info/ад>.



По этой ссылке вы можете присоединиться к нашей группе во «ВКонтакте»

Сайт «Науки в Сибири» www.sbras.info

АКАДЕМИК РАН ЛЮДМИЛА НИКОЛАЕВНА ИВАНОВА (10.02.1929 — 12.01.2026)



Президиум Сибирского отделения РАН и Объединенный ученый совет СО РАН по биологическим наукам с глубокой скорбью сообщают, что 12 января 2026 г. на 97-м году жизни скончалась крупный российский ученый в области физиологической генетики и эндокринологии академик Российской академии наук, доктор медицинских наук **Людмила Николаевна Иванова**.

Заслуженный деятель науки Российской Федерации Людмила Николаевна

Иванова — коренная сибирячка. После окончания Новосибирского мединститута осталась работать в вузе, сначала ассистентом кафедры нормальной физиологии, а после доцентом кафедры медицинской биологии. В 1965 году перешла работать в Сибирское отделение АН СССР, сначала старшим научным сотрудником Института автоматики и электрометрии СО АН СССР, после — заведующей лабораторией Института физиологии СО АН СССР. И более полувека назад, в 1973 году, уже состоявшимся ученым пришла работать в Институт цитологии и генетики СО РАН, с которым и связана большая часть ее научной карьеры.

Основным направлением исследований Л. Н. Ивановой и ее научной школы является изучение организации системы регуляции водно-электролитного гомеостаза и молекулярно-генетических механизмов гормональной регуляции функций у млекопитающих. Людмилой Николаевной были получены новые данные о механизмах взаимодействия эндокринной и иммунной систем в процессе их синхронного развития в нормальном онтогенезе, а также важные в теоретическом и практическом отношении данные об отдаленных последствиях стресса или гормонального дисбаланса, наблюдаемых в раннем онтогенезе.

Одновременно с разработкой фундаментальных проблем в течение ряда лет под руководством Л. Н. Ивановой проводились работы по программам «Байкал» и «Полигон-Алтай», результаты которых использованы для оценки неблагоприятных последствий антропогенных воздействий.

В течение 40 лет Людмила Николаевна заведовала кафедрой физиологии факультета естественных наук Новосибирского государственного университета. Благодаря ее целеустремленности был создан медицинский факультет университета, который в дальнейшем трансформировался в Институт медицины и медицинских технологий при Новосибирском государственном университете.

Мы навсегда сохраним память о Людмиле Николаевне, скорбим и выражаем глубокие соболезнования родным, близким, друзьям и коллегам.

Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон

Председатель ОУС СО РАН
по биологическим наукам
академик РАН В. В. Власов

Главный научный секретарь СО РАН
член-корреспондент РАН А. А. Тулупов

НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

Ученые предложили использовать пищевую добавку для быстрой и бережной сушки рапса

Красноярские ученые предложили принципиально новый метод сушки ценных семян рапса с использованием сульфата магния — вещества, известного как пищевая добавка E518. Этот способ позволяет быстро и без лишних затрат достичь кондиционной влажности семян без термического воздействия, сохраняя их высокую всхожесть и качество масла. Такой подход не только в разы сокращает энергозатраты, но и открывает новые перспективы для качественной переработки рапса. Результаты исследования опубликованы в журнале *Molecules*.

Рапс — одна из важнейших масличных культур в мире. Его масло используется не только в пищевой промышленности, но и в производстве текстиля, косметики, красок и мыла. Однако после сбора урожая рапс содержит много влаги, а влажные семена легко портятся, их масло быстро окисляется и прогоркает. Традиционная сушка горячим воздухом для рапса опасна: перегрев всего на несколько градусов снижает качество. В результате семена становятся хрупкими, в них уменьшается содержание незаменимых аминокислот, а ценное масло и белок деградируют. К тому же сушка масличных культур горячим воздухом — сложный и дорогостоящий процесс. Высокое содержание масла в рапсе представляет и значительный риск самовозгорания при использовании неправильных температурных режимов.

Ученые ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» предложили альтернативный способ сушки рапса: контактную сушку с использованием сорбента мелкокристаллического сульфата магния — доступного и безопасного вещества, которое широко применяется в сельском хозяйстве в качестве удобрения, а в пищевой промышленности как добавка E518.

Вместо нагретого воздуха семена рапса смешивают с кристаллами сульфата магния. Этот осушитель активно вытягивает влагу из семян естественным путем, без какого-либо теплового воздействия. После процедуры кристаллы легко отделить от семян просеиванием.

Метод продемонстрировал высокую эффективность. Необходимый для зерна уровень влажности в 7–8 % достигается всего за 1–4 часа в зависимости от начальной влажности семян. При этом всхожесть семян после обработки сорбентом остается высокой — 89–92 %, что соответствует элитным категориям качества. Важным преимуществом является многоразовость использования осушителя: сорбент сульфат магния можно применять для сушки нескольких партий семян без промежуточной дегидратации, что значительно снижает стоимость процесса.

«В настоящее время рапс является одной из перспективных сельскохозяйственных культур. Масличные растения более рентабельны, чем зерновые, именно поэтому площади с посевами рапса растут с каждым годом. Красноярский край — крупный производитель рапса, устойчиво входит в число лидеров Российской Федерации по объемам валового сбора. Основная цель сушки семян масличных культур — снижение содержания влаги до необходимого уровня и сохранение качества масла и жизнеспособности семян на максимально возможном уровне. Преимущество сорбционной сушки в том, что она позволяет бережно удалять влагу из семян без использования тепла, обеспечивая тем самым более высокое качество продукции и снижая риск размножения вредных микроорганизмов, паразитирующих на семенах во время хранения. Кроме того, внедрение этих технологий может способствовать более

эффективному использованию ресурсов, снижению энергозатрат и времени сушки. Предложенный метод имеет большое значение для аграрного сектора. Он позволит значительно сократить финансовые затраты на осушение и послеуборочные потери рапса, повысить рентабельность его выращивания и обеспечить маслоперерабатывающую промышленность высококачественным сырьем», — отмечает старший научный сотрудник Института химии и химической технологии ФИЦ КНЦ СО РАН кандидат химических наук **Елена Викторовна Фоменко**.

Разработка красноярских ученых имеет значительный потенциал для практического применения в агропромышленном комплексе. Подобные проекты могут стать основой для планируемого в регионе научно-производственного кампуса, где будет обеспечиваться тесная интеграция исследований с потребностями промышленных предприятий. Это позволит ускорить внедрение перспективных технологий послеуборочной обработки, что в перспективе будет способствовать повышению качества семян, снижению потерь при хранении, обеспечению перерабатывающих предприятий высококачественным сырьем, а селекционных центров — высококачественным семенным материалом.

Материал подготовлен при поддержке Минобрнауки России в рамках Десятилетия науки и технологий.

Группа научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН