Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 5 июня 2025 года • № 23 (3485) • 12+

Ученые выяснили, как изменение климата в позднем плейстоцене повлияло на миграции лошадей — Science

Читайте на стр. 5

Официально

Сибирские ученые стали членами РАН

На Общем собрании РАН объявили результаты выборов в Российскую академию наук. Академиками и членами-корреспондентами РАН стали и сибирские исследователи.

Академиками РАН избраны:

Сергей Алексеевич Бабин (Институт автоматики и электрометрии СО РАН);

Ендон Жамьянович Гармаев (Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ);

Евгений Борисович Левичев (Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН);

Владимир Викторович Шайдуров (Институт вычислительной математики ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск);

Владимир Петрович Федин (Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН);

Дмитрий Олегович Жарков (Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН);

Михаил Петрович Лебедев (ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», Якутск);

Александр Юрьевич Просеков (Кемеровский государственный университет, Кемерово).

Членами-корреспондентами РАН избраны:

Михаил Михайлович Лаврентьев (Институт автоматики и электрометрии СО РАН);

Александр Дмитриевич Долгов (Новосибирский государственный университет);

Иван Борисович Логашенко (Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН);

Елена Артёмовна Салина (ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»);

Елена Константиновна Хлесткина (ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»);

Евгений Вадимович Подивилов (Институт автоматики и электрометрии СО РАН);

Александр Александрович Шелупанов (Томский университет систем управления и радиоэлектроники, Томск);

Сергей Викторович Панин (Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск);

Олег Владимирович Шарыпов (Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН);

Павел Александрович Стрижак (Томский политехнический университет, Томск);

Олег Николаевич Мартьянов (ФИЦ «Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН»);

Матвей Владимирович Федин (Международный томографический центр СО РАН);

Николай Юрьевич Адонин (ФИЦ «Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН»);

Никита Александрович Кузнецов (Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН);

Елена Анатольевна Бабушкина (Хакасский технический институт, Абакан);

Владимир Сергеевич Науменко (ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»);

Татьяна Владимировна Донская (Институт земной коры СО РАН, Иркутск);

Сергей Иванович Грачев (Тюменский индустриальный университет, Тюмень);

Андрей Эмильевич Изох (Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН);

Андрей Андреевич Еременко (Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН);

Александр Гаврилович Глотов (Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН);

Евгений Валерьевич Григорьев (НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово);

Вячеслав Валерьевич Рябов (НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск);

Александр Борисович Романов (Национальный медицинский исследовательский центр им. ак. Е. Н. Мешалкина);

Игорь Николаевич Лебедев (НИИ медицинской генетики Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск).

«Наука в Сибири» поздравляет избранных членов РАН и желает успешной и плодотворной работы!

НВС

Официально

Проекты из Сибири победили в конкурсе на создание научных центров мирового уровня

Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН и Томский государственный университет получили субсидии на создание научных центров мирового уровня. Размер финансирования центров на первые три года составит 960 миллионов рублей.

Научный центр мирового уровня «Теплофизика и энергетика» Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН направлен на проведение исследований в интересах высокотехнологичных российских предприятий. «Для проведения работ в институте уже существует ряд экспериментальных стендов и лабораторных макетов, это достаточно хороший задел, который мы планируем расширить новыми уникальными установками, ориентированными на более прикладной характер исследований, так как разработанные в НЦМУ технологии должны быть достаточно высокого уровня готовности для внедрения, — рассказал директор ИТ СО РАН академик **Дмитрий Маркович Маркович**. — Эта научная инфраструктура нужна для работ в интересах ряда компаний, во-первых, для производства авиационных двигателей, во-вторых, для оптимизации и разработки новых инновационных решений в современных атомных реакторах, включая реакторы малой мощности для Арктики, в-третьих, для процессов обогащения титаномагнетитовых руд». Индустриальные партнеры проекта — АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» и ГК «Росатом».

Томский государственный университет представил проект НЦМУ «Новые материалы специального назначения». Среди ключевых направлений его деятельности — технологии получения композиционных материалов и производства изделий на их основе, технологии высокоэнергетических материалов и систем, технологии получения и применения новых материалов биомедицинского назначения, методы искусственного интеллекта для разработки материалов. Среди индустриальных партнеров — Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А. Г. Ромашина, Федеральный научно-производственный центр «Алтай», Институт пластмасс им. Г. С. Петрова, Инжиниринговый химико-технологический центр. «Планируемые к получению научные результаты, продукты и технологии будут востребованы в энергетике, микроэлектронике, для лакокрасочной и оборонной промышленности, а также окажут влияние на развитие этих отраслей экономики и ряда субъектов Российской Федерации, — отмечает руководитель проекта и. о. проректора ТГУ по научной и инновационной деятельности профессор, доктор физико-математических наук **Александр Борисович Ворожцов**. — Важно, что мы реализуем технологические решения от синтеза компонент, подготовки сырья до конечного изделия».

НВС с использованием материалов пресс-службы ТГУ

ЮБИЛЕИ

Академику РАН Сергею Владимировичу Алексеенко — 75 лет

Глубокоуважаемый
Сергей Владимирович!

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления сердечно поздравляют Вас, ученого с мировым именем в области тепломассообмена, энергетики и энергосбережения, с 75-летним юбилеем!

Отечественным и зарубежным ученым широко известны Ваши фундаментальные работы по исследованию волновых явлений в многофазных средах, процессов тепломассопереноса в закрученных и струйных течениях. Существенен Ваш вклад в развитие самых современных экспериментальных методов. Особенностью Ваших исследований является их непременное практическое применение. Под Вашим руководством решен цикл прикладных задач в области угольной энергетики: моделирование топочных процессов при сжигании газа и угля, технологий применения микроугля и водоугольного топлива. Успешно разрабатываются методы переработки твердых отходов с одновременной выработкой энергии, формируется идеология перспективной петротермальной энергетики. Ведутся работы по созданию теплогидравлических кодов нового поколения по безопасности атомных электростанций, разрабатываются топливные элементов неводородного типа.

Завершив учебу в Новосибирском государственном университете и связав свою судьбу с Институтом теплофизики, где прошли путь от младшего научного сотрудника до директора института, Вы посвятили свою жизнь развитию науки в Сибири и подготовке высококвалифицированных научных кадров. Сегодня Вы член Президиума СО РАН, председатель Объединенного ученого совета СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления, член наблюдательного совета ОАО «Технопарк новосибирского Академгородка», член бюро Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, председатель Национального комитета по тепло- и массообмену, член Научного совета РАН по комплексным проблемам развития энергетики, Национального комитета по теоретической и прикладной механике, Международного комитета по тепло- и массообмену. Вы являетесь заведующим кафедрой физики неравновесных процессов НГУ, главным редактором журнала «Теплофизика и аэромеханика», членом редколлегий ряда ведущих международных журналов.

Ваш талант, самоотверженный труд и преданность науке высоко оценены государством и научным сообществом — Вы лауреат премии Правительства РФ, премии имени академика А. В. Лыкова, Международной премии «Глобальная энергия», удостоены других наград Родины.

Дорогой Сергей Владимирович, Вы в расцвете творческих сил и полны энергии! Мы уверены, что присущие Вам высочайший профессионализм и талант, аналитический ум и жизненный опыт позволят добиваться новых успехов в Вашей многогранной деятельности на благо российской науки! От всей души желаем Вам дальнейших творческих успехов в деле, которому Вы так преданно служите, талантливых и достойных учеников, здоровья и благополучия Вам и Вашим близким!

Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон

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

Члену-корреспонденту РАН Константину Яковлевичу Мотовилову — 85 лет

Уважаемый Константин Яковлевич!

Президиум Сибирского отделения РАН и Объединенный ученый совет СО РАН по сельскохозяйственным наукам сердечно поздравляют Вас, доктора биологических наук, члена-корреспондента РАН, профессора, с юбилеем — 85-летием.

Вы — известный ученый в области переработки сельскохозяйственной продукции и улучшения ее качества. Вами разработаны, изучены и внедрены в производство новые высокоэффективные препараты витаминов, стимуляторов роста, иммуномодуляторов и пробиотиков; разработаны модели направленного изменения технологических и трофологических свойств сельскохозяйственного сырья за счет гидроакустических электромагнитных и биохимических воздействий; научные основы новых ресурсосберегающих высокоэффективных технологий переработки и хранения сельскохозяйственной продукции; методы детоксикации тяжелых металлов и система мероприятий эффективного снижения их концентрации в конечной продукции.

Более десяти лет Вы возглавляли Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции — структурное подразделение СФНЦА РАН, плодотворно сочетая административную работу с научной и преподавательской деятельностью. Вами опубликовано более 300 научных работ, получено более 40 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Под Вашим руководством защищено 6 докторских и 18 кандидатских диссертаций.

Вы ведете большую общественную и научно-организационную деятельность, являетесь членом Объединенного ученого совета по сельскохозяйственным наукам СО РАН, входите в состав редакционных коллегий ряда научных журналов. За плодотворную научную деятельность Вы удостоены звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», награждены медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, золотой медалью им. В. И. Вернадского, медалью И. И. Синягина «За особый вклад в развитие аграрной науки Сибири». За большой вклад в науку в 2005 году Вы включены в число лучших ученых России.

В день Вашего юбилея, Константин Яковлевич, от всей души желаем Вам крепкого здоровья, успехов, неиссякаемой энергии для претворения в жизнь Ваших научных идей.

Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон

Заместитель председателя СО РАН
академик РАН Н. И. Кашеваров

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

НОВОСТЬ

Ученые впервые подробно описали термальные источники в районе Байкала

Исследователи получили новые данные по химическому и газовому составу термальных источников центральной части Байкальской рифтовой зоны и выявили их геохимические особенности. С одной стороны, эта информация позволила оценить температуры термальных вод на глубине, что в перспективе позволит использовать ресурсы терм для теплоэнергоснабжения удаленных районов. С другой стороны, результаты работы послужат основой для решения фундаментальной научной проблемы о формировании состава и бальнеологического потенциала этих вод. Результаты исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда, опубликованы в журнале Geothermics.

Байкальская рифтовая зона — глубинный разлом земной коры протяженностью около 2 000 километров, в пределах которого наблюдаются следы активной вулканической деятельности и располагаются источники термальных вод. Химический состав и физические свойства таких вод напрямую определяют их практическую ценность. Например, воды с повышенным содержанием фтора, кремния и других биоактивных компонентов применяются в лечебных целях. Кроме того, термы можно использовать для получения энергии. Происхождению и формированию состава терм Байкальской рифтовой зоны посвящено большое количество работ, однако некоторые вопросы остались нерешенными или требуют детального рассмотрения, например распространение различных видов органических соединений в термах, процессы вторичного минералообразования, а также возраст терм.

Исследователи взяли пробы из 15 термальных источников Байкальской рифтовой зоны, измерили их температуру, кислотно-щелочные свойства, окислительно-восстановительный потенциал и электропроводность, а также проанализировали химический и газовый состав.

Результаты показали, что воды имеют температуру от 20 °C до 76 °C и по газовому составу делятся на два типа: азотные и смешанные азотно-метановые. Большинство источников были слабощелочными и содержали много сульфатов и натрия. При этом чем более щелочным был источник, тем меньше была его минерализация. В целом по химическому составу авторы выделили три типа вод: с преобладанием сульфатов и натрия, с преобладанием сульфатов, карбонатов и натрия, а также с преобладанием сульфатов, кальция и натрия.

Основываясь на результатах статистического анализа, авторы показали, что минерализация терм увеличивается в основном за счет накопления сульфатов и натрия в воде. Кроме того, исследователи выявили положительную корреляцию между количеством карбонатных ионов и концентрациями хлора и фтора в воде. Это позволяет предположить, что в их накоплении участвуют схожие процессы.

При этом ученые считают, что химический состав термальных вод является результатом взаимодействия воды с горными породами и отчасти — смешения с холодными водами. Так, в источниках, где смешения с холодными водами практически не выявлено (например, в Гаргинском с температурой 74 °C), содержание таких компонентов, как фтор и кремний, оказалось выше. Концентрации фтора здесь достигали 20 миллиграммов в литре, а кремния — 118 миллиграммов в литре. В источниках с выраженным смешением (например, Алгинском с температурой всего 20 °C) эти показатели были значительно ниже: 3,4 миллиграмма в литре для фтора и 54 миллиграмма в литре для кремния.

Результаты проведенного статистического анализа говорят об участии различных процессов в формировании термальных вод, включая процессы растворения и осаждения минералов горных пород, смешение с холодными водами, влияние геотермического градиента и другие.

«Полученные результаты станут только начальным и основополагающим этапом масштабного исследования, направленного на выявление и объяснение процессов и механизмов формирования уникальных по составу термальных вод Байкальской рифтовой зоны. Эти термы — уникальный природный объект, изучение которого вносит вклад в развитие фундаментальной гидрогеохимии. Понимание процессов и механизмов их формирования позволит также рассуждать о рудообразующем потенциале этих вод. Наряду с ценностью для фундаментальной науки, результаты исследования имеют и прикладной характер. Новые данные о составе терм и результаты оценки глубинных температур позволят эффективнее использовать ресурсы вод в бальнеологических и теплоэнергетических целях. Последнее особенно важно для удаленных населенных пунктов Республики Бурятия», — рассказала руководитель проекта, старший научный сотрудник лаборатории гидрогеохимии и геоэкологии Томского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН кандидат геолого-минералогических наук **Елена Владимировна Зиппа**.

В работе принимают участие сотрудники Томского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН (Улан-Удэ), Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (Чита) и Института комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения РАН (Биробиджан).

Пресс-служба РНФ

Геннадий Красников — о научных проектах в регионах, профессорах РАН и привлечении молодежи в науку

Президент Российской академии наук академик **Геннадий Яковлевич Красников** в ходе интервью для изданий региональных отделений РАН рассказал о наиболее востребованных работах в разных регионах, корпусе профессоров РАН и работе по привлечению молодых кадров в науку.

— Какой вы видите стратегию работы с регионами и региональными отделениями?

— Мы выстроили отношения с органами государственной власти в разных регионах таким образом, чтобы они могли определять основные проблемы региона для практических работ, совместных с Академией наук. С фундаментальной наукой взаимодействуют тематические отделения. Исследования, которые выполняются у нас, действительно мирового уровня, но необходимы также прикладные проекты. Например, для Сибири важны работы, связанные с Байкалом и его состоянием, переработкой отходов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. Еще один важный вопрос — сбалансированная электросистема Сибирского региона.

— Можно ли выделить еще какие-то важные для Сибири проекты?

— Выделить отдельные проекты очень сложно, потому что подобных региональных задач очень много. Очень остро сейчас стоит вопрос климата, что актуализирует исследования процессов деградации вечной мерзлоты. Этими работами должны заниматься в том числе, например, биологи, представители сельскохозяйственной науки, потому что подобная динамика может быть связана с возникновением новых заболеваний растений, животных и даже человека. Важны исследования, сопряженные с освоением Северного морского пути, который объединяет восток и запад нашей страны, в частности строительство атомоходов, которые могли бы двигаться с большими скоростями. С Кемеровской областью было организовано взаимодействие в рамках НОЦ «Кузбасс — Донбасс», так как обнаружился целый спектр схожих задач для этих регионов, например по консервации шахт, предотвращению обвала грунтов.

— До сих пор идут обсуждения, касающиеся целей и задач работы профессоров РАН. Скажите, пожалуйста, какова сейчас позиция Академии на этот счет?

Г. Я. Красников

— Могу сказать, что в настоящее время на заседании Президиума РАН мы внесли изменения в положение о профессорах РАН. Во-первых, звание профессора РАН будет утрачиваться по мере достижения звания члена-корреспондента РАН или академика. Таким образом, будут освобождаться вакансии, на которые мы затем будем избирать новых профессоров РАН, и возникнет необходимая ротация. Кстати, на следующем Общем собрании, осенью, у нас пройдут выборы профессоров РАН, и на них мы намерены немного выровнять ситуацию по тематическому представительству. Мы предполагаем со временем намного большее вовлечение профессоров РАН в работу Академии наук. Это касается постоянного участия в Общих собраниях РАН и других мероприятиях, усиления присутствия в научных экспертных советах и в целом в системе экспертиз, активности в области популяризации науки и так далее. Мы это рассматриваем как возможность для того, чтобы члены тематических отделений Академии лучше и с разных сторон узнали профессоров РАН и затем на выборах уже были бы хорошо знакомы с потенциалом каждого в плане избрания в члены РАН.

— В ходе Общего собрания РАН были приняты изменения в Устав РАН, которые касались издательства «Наука», Российского центра научной информации и возвращения под эгиду РАН домов ученых. Можете прокомментировать необходимость таких изменений?

— Академии наук надо решить ряд очень важных задач: чтобы она жестко определяла вопросы кадров, более активно формировала тематику исследований институтов и программу их исследований, контролировала, как это воплощается в жизнь, — то есть, по сути, выполняла функционал Госкомитета по науке и технике, который когда-то существовал в СССР. Для достижения этих целей мы начали приближать к себе другие юридические лица. РЦНИ станет отвечать за полноту информации, необходимой нам для осуществления экспертной деятельности: нужны отечественные базы данных, площадки для их размещения, возможность усовершенствования машинного поиска и другие направления в этой области. Издательство «Наука» — отдельный разговор: сложно переоценить важность издания собственных журналов. Кроме того, сейчас РАН переводит на себя дома ученых, исторические центры взаимодействия исследователей. Хотелось бы, чтобы это были действительно места для ученых, для популяризации науки. Соответственно, все эти организации должны помогать Академии наук полноценно выполнять свой функционал: экспертные функции, популяризация науки, формирование общего научного ландшафта.

— Как должна строиться работа с молодежью в науке?

— Многие члены Академии являются ректорами высших учебных заведений, преподают, работают на должностях заведующих кафедрами, являются научными руководителями в аспирантуре. Одна из важных задач, которая была заложена еще при основании Академии наук, — воспитание учеников, создание преемственности в науке. Эта работа сейчас ведется не только РАН, однако мы считаем, что для воспитания научных кадров нужны именно базовые кафедры институтов в университетах. Кроме того, необходима программа, которая бы финансировала институты, находящиеся под научно-методическим руководством РАН, таким образом, чтобы у них была возможность выплачивать как стипендии студентам и аспирантам, так и доплаты преподавателям. Например, у нас в НИИ молекулярной электроники аспиранты и студенты получают выплаты, чтобы у них была возможность сосредоточиться на научной работе и успешно завершить обучение защитой диссертации. Аспиранты — взрослые люди с семьями, конечно, они должны зарабатывать. Мы планируем развивать и поддерживать это начинание, чтобы в итоге появилась подобная программа для научно-исследовательских институтов.

Юлия Позднякова,
Екатерина Пустолякова
Фото Юлии Поздняковой

НОВОСТЬ

Сибирские ученые обнаружили новый карбонат в группе щелочноземельных металлов

Исследователи из Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН с помощью квантово-химического моделирования впервые показали возможность образования карбоната бериллия, наименьшего элемента в ряду щелочноземельных металлов. Согласно результатам ученых, карбонат бериллия стабилен как в условиях окружающей среды, так и при более высоких давлениях, то есть в условиях глубинных оболочек Земли. Результаты опубликованы в высокорейтинговом журнале The Journal of Physical Chemistry C.

До недавнего времени считалось, что бериллий — единственный элемент щелочноземельной группы, для которого стабильная структура карбонатной фазы ($BeCO_3$) неизвестна. Сообщалось, что, напротив, это соединение нестабильно и подвержено разложению на оксид бериллия и диоксид углерода. Однако для других щелочноземельных металлов (магний, кальций, стронций, барий) стабильные кристаллические структуры карбонатных фаз обнаружены и детально описаны. Следует также отметить, что данных о природном образовании чистого карбоната $BeCO_3$ не имеется. На сегодняшний день из почти сотни минералов, содержащих бериллий, известен только один сложный карбонат с дополнительными анионами — минерал нивеоланит.

Ученые ИГМ СО РАН с помощью современных методов поиска структур впервые обнаружили три стабильные кристаллические модификации карбоната бериллия. Исследование является теоретическим — все расчеты были выполнены в рамках теории функционала плотности. Кроме того, специалисты выяснили ряд особенностей этих модификаций: детали атомной структуры, возможность сохранения структур при декомпрессии и термодинамическую стабильность при атмосферном давлении.

Теоретические расчеты сибирских ученых были подтверждены группой экспериментаторов из Франкфуртского университета имени Гёте (Германия). Немецкие специалисты, независимо от исследования сотрудников ИГМ СО РАН, проводили реальный синтез $BeCO_3$, и практические результаты полностью соответствовали данным специалистов Института геологии и минералогии. Научные публикации, посвященные этим двум разным аспектам работ, вышли в свет практически одновременно.

Открытие стабильных кристаллических структур $BeCO_3$, часть из которых могут быть восстановлены до условий окружающей среды, расширяет современное понимание о карбонатах, поскольку карбонат бериллия был последним отсутствующим звеном в семействе карбонатов щелочноземельных металлов.

«Возможной причиной отсутствия карбоната бериллия в природе и отсутствие данных его синтезов при атмосферном давлении, скорее всего, обусловлено низкой температурой распада на оксид бериллия и углекислый газ, подобно карбонатам магния и кальция. Однако мы верим, что в обозримом будущем существование стабильной кристаллической структуры $BeCO_3$ при атмосферном давлении будет подтверждено экспериментально», — отметил научный сотрудник ИГМ СО РАН кандидат физико-математических наук **Нурсултан Ерболович Сагатов**.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-73-10114.

Динара Сагатова,
ИГМ СО РАН

Результаты зарубежных и российских физиков совпали: Стандартная модель в очередной раз прошла проверку

27 мая 2025 года Theory Initiative опубликовали обновленный расчет аномального магнитного момента мюона (АМММ), который сильно приблизился к измеренному в эксперименте, и теперь разница между значениями составляет меньше одного стандартного отклонения. Это говорит о том, что Стандартная модель пока выдержала эту проверку. Аналогичный результат был получен еще в 2023 году физиками Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН на коллайдере ВЭПП-2000 в эксперименте КМД-3 (криогенный магнитный детектор). Таким образом, новый расчет подтвердил полученные российскими физиками данные.

Существующая теория микромира Стандартная модель (СМ) удивительно хорошо описывает фундаментальные взаимодействия элементарных частиц, но некоторые астрофизические наблюдения указывают на то, что она не полностью объясняет физическую картину мира. Поэтому физики проверяют и уточняют СМ. Международные коллаборации Muon g-2 и Muon g-2 Theory Initiative, в которые входит ИЯФ СО РАН, проверяют СМ уникальным способом — при помощи сравнения всего лишь одной измеренной в эксперименте величины с ее значением, рассчитанным в теории. Эта величина — аномальный магнитный момент мюона. Магнитный момент отражает силу взаимодействия частицы, в данном случае мюона, с магнитным полем. Аномальный магнитный момент возникает в результате взаимодействия частицы с короткоживущими ненаблюдаемыми, или виртуальными, частицами, которыми заполнен вакуум. Задача физиков-экспериментаторов — очень точно измерить АМММ, а теоретиков — рассчитать, что предсказывает СМ. Дальше всё просто: измеренное и теоретическое значения нужно сравнить. Если они согласуются, значит, СМ верна, если между ними большая разница, значит, существуют неизвестные силы и частицы, которые не описаны в СМ. До недавнего времени между актуальным экспериментальным значением АМММ, измеренным в 2023 году коллаборацией Muon g-2, и теоретическим — рассчитанным в 2020 году Muon g-2 Theory Initiative, было целых пять стандартных отклонений, то есть существовал серьезный намек на явления за рамками СМ.

«У любой элементарной частицы есть магнитный момент, который, так уж устроена природа, хорошо известен, так как связан с ее зарядом, массой и спином, — прокомментировал заместитель директора ИЯФ СО РАН по научной работе, заведующий кафедрой физики элементарных частиц Новосибирского государственного университета член-корреспондент РАН **Иван Борисович Логашенко**. — Зная эти свойства, мы можем предсказать, какой у частицы будет магнитный момент, если она находится в пустом пространстве, вакууме. Квантовая теория предсказывает, что даже абсолютно пустой вакуум заполнен ненаблюдаемыми частицами, всеми, которые существуют в природе (даже теми, о которых мы еще не знаем). Из-за такой структуры вакуума магнитный момент частицы немного изменяется, возникает добавка, которая называется “аномальный магнитный момент”».

Несмотря на то, что аномальный магнитный момент (АММ) есть у многих частиц, физики выбрали для проверки мюон, потому что он живет относительно долго (целых две микросекунды) и его АММ можно измерить в эксперименте с высокой точностью. Еще одно преимущество мюона в том, что он более чем в 200 раз тяжелее электрона и его АММ гораздо чувствительней, примерно в 43 000 раз, к вкладу тяжелых частиц.

«Это очень интересное направление в физике элементарных частиц, которое позволяет с помощью одного числа провести всеобъемлющую проверку Стандартной модели, — добавил Иван Логашенко. — Но для того, чтобы сравнение имело смысл, необходимо, чтобы обе величины, и измеренная, и рассчитанная, были получены с высокой точностью».

Фиолетовый круг слева изображает рассчитанное в рамках теории значение АМММ коллаборацией Theory Initiative в 2020 г. Размер круга отражает точность измерения: чем он меньше, тем лучше мы знаем величину. Разница между теоретическим расчетом 2020 г. и измеренным в эксперименте Фермилаб значением АМММ в 2023 г. (красный круг справа) составляет пять стандартных отклонений, или пять сигм (шкала внизу). В тот момент мировое физическое сообщество было полно надежд, что найдено проявление чего-то за рамками Стандартной модели. Измерение вероятности рождения пары пионов при столкновении электронов и позитронов на коллайдере ВЭПП-2000 с детектором КМД-3 (зеленый круг) в том же 2023 г. поставили под сомнение расчет Theory Initiative 2020 г. и сместили рассчитанное значение АМММ ближе к тому, что измерили в Фермилаб. Добавили уверенности и несколько расчетов, основанных на компьютерном моделировании, или решеточных вычислениях. Новый расчет Theory Initiative (фиолетовый круг справа), опубликованный в 2025 г., основывается как раз на решеточных вычислениях, которые практические полностью совпадают со значением АМММ, представленным еще в 2023 г. командой ИЯФ СО РАН. На момент публикации новости разница между измеренным и рассчитанным значением АМММ составляет всего 0,4 стандартного отклонения (шкала сверху). На достигнутом уровне точности проявлений физики за рамками Стандартной модели не наблюдается

Экспериментальным измерением АМММ занимаются более 60 лет. На данный момент наиболее точное значение получено в эксперименте Muon g-2 (Фермилаб, США). Еще дольше физики занимаются теоретическими расчетами АМММ. Первое предсказание было получено нобелевским лауреатом **Джулианом Швингером** еще в 1948 году, и с тех пор шла непрерывная работа по учету всё более тонких эффектов. Чтобы объединить усилия в этом направлении, около десяти лет назад была создана международная коллаборация Muon g-2 Theory Initiative, включившая в себя представителей экспериментов BaBar (США), KLOE (Италия), BESIII (Китай), Belle II (Япония), КМД-3 и СНД (Россия, ИЯФ СО РАН), а также научных групп, рассчитывающих АМММ при помощи компьютерного моделирования.

«Рассчитать с высокой точностью АМММ в рамках Стандартной модели — нетривиальная задача, — добавил Иван Логашенко. — В аномальный магнитный момент мюона вносят свой вклад слабые, электромагнитные и сильные взаимодействия. Но если вклад первых двух видов взаимодействий с высокой точностью рассчитывается при помощи теории возмущений, то вклад сильных взаимодействий этим теоретическим методом уже не посчитать. Поэтому еще в 1960-х годах физики придумали обходной путь. Базовые законы микромира позволяют связать вклад сильных взаимодействий в АМММ с вероятностью рождения адронов, частиц, участвующих в сильных взаимодействиях, при столкновении электронов и позитронов. На переднем крае этого направления находятся как раз эксперименты на коллайдере ВЭПП-2000 — оказалось, на нашей установке можно провести нужные измерения, и в значительной степени именно точность наших результатов определяет точность всего предсказания».

Область энергий, в которой работает ВЭПП-2000, от 0,36 до 2 ГэВ, как раз наиболее важна для определения вклада сильных взаимодействий в АМММ. Новосибирский коллайдер — самый производительный в мире в своей области энергий. С 2010 года, когда на нем начались эксперименты, был накоплен рекордный объем экспериментальных данных. Это позволило с помощью детектора КМД-3 провести очень точное измерение вероятности рождения адронов (пары пионов) при аннигиляции электронов и позитронов. Благодаря полученному КМД-3 в 2023 году результату, теоретическое значение АМММ сдвинулось ближе к экспериментальному, которое в том же 2023 году представил Фермилаб. Разница сократилась с пяти до одного стандартного отклонения.

27 мая 2025 году коллаборация Theory Initiative опубликовала результат нового расчета АМММ, основанного на другом методе теоретического расчета — решеточных вычислениях. Этот метод основан на компьютерном моделировании. В расчетные параметры закладываются базовые принципы физики сильных взаимодействий и проводится моделирование на суперкомпьютерах, в результате которого высчитывается вклад в АМММ. Полученный результат полностью согласуется с ранее опубликованным результатом КМД-3.

«Результаты, полученные в Новосибирске, существенно изменили точку зрения на проблему разногласий в АМММ, — прокомментировал координатор эксперимента КМД-3 по измерению вероятности рождения пары пионов кандидат физико-математических наук **Фёдор Владимирович Игнатов**. — Если до измерения КМД-3 научное сообщество было практически готово объявить об обнаружении Новой физики, то теперь акцент смещен в сторону того, что Стандартная модель, как и прежде, остается верной, и необходимо дальше продолжать повышать точность экспериментов и расчетов. Эксперимент КМД-3 с этой точки зрения является хорошим примером продвижения вперед. Количество зарегистрированных событий пар пионов в детекторе КМД-3 на порядок больше, чем использовалось во всех других подобных измерениях. Такой объем данных обеспечил возможность наиболее тщательного анализа всех факторов, которые могли бы повлиять на полученный результат. Было проведено большое число внутренних проверок и дополнительных измерений сопутствующих физических величин. Всё это выгодно отличает наше исследование от прежних и позволяет с высокой степенью уверенности считать измерение, выполненное в Новосибирске, наиболее точным».

Результат КМД-3 заметно отличается от результатов всех предыдущих экспериментов, в которых в разные годы измерялась вероятность рождения адронов при столкновении электрона и позитрона, таких как BaBar, BESIII, KLOE и другие.

«Надежного объяснения, почему результат КМД-3 отличается от результатов предшественников, нет, и это активно исследуется многими научными группами в мире, — пояснил Иван Логашенко. — Очень важно, что результат КМД-3 согласуется с решеточными вычислениями, на результатах которых основан актуальный теоретический расчет АМММ. В свежей статье Theory Initiative наши расчеты сравниваются, и видно, что они прекрасно согласуются, причем не только по итоговому числу, но и на каждом этапе вычислений».

По словам Ивана Логашенко, опубликованные Theory Initiative результаты являются промежуточными. Для получения итогового расчета необходимо дождаться актуальных экспериментальных данных, которые обрабатываются BaBar, KLOE, BESIII, Belle II и появятся в ближайшие несколько лет. Также совсем скоро закончится обработка данных в эксперименте СНД на коллайдере ВЭПП-2000. Это позволит разобраться с наличием разногласий в экспериментах на электрон-позитронных коллайдерах.

«Учитывая всё это, через несколько лет мы ожидаем финальный результат от Theory Initiative, который будет объединять все данные, включая данные КМД-3. Это позволит увеличить точность расчета АМММ в полтора-два раза, и она станет сопоставимой с экспериментальным значением. Добавлю, что через несколько лет, которые понадобятся для модернизации детекторов КМД-3 и СНД на ВЭПП-2000, мы планируем провести еще одно измерение вклада сильных взаимодействий в АМММ, которое само по себе по точности будет сопоставимо с точностью эксперимента Фермилаб», — подчеркнул он.

3 июня 2025 года международная коллаборация Muon g-2 планирует обнародовать результаты нового, самого точного измерения величины АМ.

Пресс-служба ИЯФ СО РАН
Иллюстрация Елизаветы Койновой

Ученые выяснили, как изменение климата в позднем плейстоцене повлияло на миграции лошадей

Международный коллектив, в состав которого вошли исследователи из Сибири, изучил 68 лошадей позднего плейстоцена с помощью методов генетического и изотопного анализа (а также используя знания коренных народов Америки). Ученые обнаружили, что 50—19 тысяч лет назад лошади неоднократно перемещались между исконной Северной Америкой и Азией через Берингию. Однако из-за изменения климата в позднем плейстоцене этот путь был утрачен, что привело к вымиранию лошадей на их родном континенте. Современные североамериканские лошади произошли от евразийских линий, позже завезенных европейцами. Статья об исследовании опубликована в Science.

Лошади появились в Северной Америке около четырех миллионов лет назад. К позднему плейстоцену там одновременно существовало несколько линий лошадей. Одна обитала к югу от ледниковых щитов, другая — по всей Аляске и Юкону, третья — на самой западной окраине Аляски. Именно эта западная группа оказалась генетически связанной с европейскими лошадьми.

Благодаря изменению уровня моря между Чукоткой и Аляской появился Берингийский сухопутный мост, по которому лошади попали в Евразию и после неоднократно мигрировали туда-обратно. Эти перемещения через Берингию продолжались вплоть до последнего ледникового периода. Установлено как минимум пять значительных волн таких миграций. Генетические следы североамериканских лошадей обнаружены в образцах лошадей с Дальнего Востока России, из Северо-Восточного Китая, Анатолии (территория современной Турции), с Пиренейского полуострова. В Северной Америке, в свою очередь, найдены останки лошадей, чья популяция зародилась на Урале.

В период постледникового потепления, около 13 тысяч лет назад, тающие ледяные щиты постепенно затопили Берингийский сухопутный мост, кроме того ландшафт из сухих лугов преобразился в бореальные леса и болота, непригодные для выпаса лошадей и сложные для их передвижения. Американские популяции животных оказались изолированными от евразийских сородичей. В Северной Америке лошади исчезли десять тысяч лет назад (те, что живут там сегодня, — это потомки лошадей, завезенных испанцами в XVI веке).

«Благодаря изотопному анализу было показано, что вымирание североамериканских лошадей в конце позднего плейстоцена, скорее всего, было связано с изменяющимися климатическими условиями: тундростепь исчезала, ее заменили заболоченная тундра, кустарниковые заросли, водно-болотные территории и бореальные леса. Из-за уменьшения территорий, к которым были приспособлены позднеплейстоценовые лошади, и их источников питания многие древние виды лошадей вымерли», — объясняет одна из соавторов статьи научный сотрудник лаборатории цитогенетики животных Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН кандидат биологических наук **Мария Александровна Куслий**.

Исследование объединило передовые методы анализа древней ДНК и изотопов с традиционными системами научных знаний коренных народов Америки (в нем приняли участие 18 ученых из племен лакота, сиилкс, черноногих, дене и инупиатов).

Анализ митохондриальной ДНК и Y-хромосомы подтвердил, что западные североамериканские лошади ближе к евразийским, чем к южно-американским. Исследование изотопов показало сходство рациона между лошадьми Аляски и Сибири, что указывает на общую среду обитания. О дальних миграциях говорят и археологические находки: обнаруженные в Сибири и Европе останки лошадей с генетическими маркерами, характерными для американской западной линии.

Ученые Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН внесли вклад в изучение миграций уральской линии лошадей позднего плейстоцена.

«Мы исследовали популяцию позднеплейстоценовых лошадей местонахождения Красный Яр Новосибирской области (их обнаружил старший научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН кандидат биологических наук **Сергей Константинович Васильев**). В Центре антропобиологии и геномики Тулузы (Франция) мы получили геномные библиотеки, которые затем были высокопроизводительно секвенированы, благодаря чему мы определили ядерные геномные последовательности. Филогенетический анализ, анализ компонентов предковости выявил принадлежность лошадей из Красного Яра к уральской линии позднеплейстоценовых лошадей, что расширило территорию распространения этой линии до Южной Сибири. Было показано, что уральские лошади позднего плейстоцена внесли значительный вклад в формирование генофонда разных популяций лошадей по всей территории Евразии (в Анатолии, Центральной Азии и Европе), и они участвовали в процессе генетического смешения лошадей между Евразийской и Американской Арктикой», — рассказывает Мария Куслий.

В преданиях коренных народов говорится о Тропе Знахаря — жизненно важном коридоре, который соединял Американский и Евразийский континенты на протяжении многих тысяч лет. Эта тропа тянется от Аляски через Сибирь в Монголию, а также через Канаду, через территории племен лакота и майя, ответвляясь повсюду. По ней лошади, как и всё живое, свободно перемещались, смешиваясь и внося вклад в окружающее пространство. Так, конский помет часто содержит семена, из которых вырастают растения, и привлекает насекомых, которые, в свою очередь, привлекают животных. Когда лошадь исчезает с территории, этот процесс останавливается.

«Многие научные системы коренных народов основаны на знании того, что вся жизнь находится в постоянном движении, перемещаясь и адаптируясь по мере изменения климата. Мегафауна (животные более 45 кг) играет ключевую роль в экосистемах, формируя биоразнообразие и сохраняя запасы углерода в почвах и растительности. Сокращение мегафауны может вызвать каскадное воздействие на функционирование экосистем. Наука коренных народов накопила бесценные знания об изменении среды обитания и его влиянии на перемещение людей, мегафауны и других форм жизни», — пишут авторы статьи.

Они отмечают, что современные виды крупных млекопитающих тоже сильно зависят от миграционных коридоров. Исчезновение таких коридоров в условиях изменяющегося климата может привести к необратимой потере генетического разнообразия даже для тех видов, которые когда-то были широко распространены и успешно адаптировались. Исследователи подчеркивают, что необходимо предпринимать отдельные меры по сохранению миграционных коридоров, и это даже важнее, чем защита отдельных изолированных популяций.

Диана Хомякова
Фото из открытых источников: Жозеф Даниэль, Unsplash и с сайта ru.freepik.com (обложка)

Сибирские физики сделали сверхэффективные фотокатоды для «глаз» космического телескопа «Спектр-УФ»

Ученые Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН создали фотокатоды на основе соединения цезий — йод — ключевые элементы для «глаз» нового космического телескопа «Спектр-УФ», планируемого к запуску в 2031 году. Во время проверки эффективности фотокатоды показали квантовый выход на уровне 40 %, что в два раза выше базовых проектных параметров и является рекордным значением для такого типа фотокатодов.

Устройства предназначены для улавливания одной из составляющих космического излучения — вакуумного ультрафиолета, что позволит телескопу получать ранее недоступные данные о Вселенной. Такая информация нужна для исследования атмосферы экзопланет, в том числе для поиска биологических маркеров (признака внеземной жизни), установления физических процессов звездообразования (молодые звезды излучают в основном в ультрафиолете), а также для понимания тепловой и химической эволюции Вселенной, поиска темного барионного вещества.

Фотокатод — материал, способный при попадании на него света (фотонов) испускать электроны, а значит, получаемый электрический ток можно измерить и таким образом оценить интенсивность излучения. Объединяя фотокатод, умножитель электронов (микроканальную пластину) и люминофорный экран в вакуумном корпусе, можно не просто измерять ток, а регистрировать изображения в соответствующем диапазоне длин волн.

Разработка имеет большое значение не только для реализации национального отечественного космического проекта «Спектр-УФ», но и для мировой науки в целом. С момента запуска «Спектр-УФ» будет выступать преемником телескопа имени Хаббла, во-первых, закрывая его ультрафиолетовую рабочую нишу, а во-вторых, получая совершенно новую информацию благодаря современному оборудованию и расположению над поверхностью Земли: в 70 раз выше, чем «Хаббл», — на 35 000 км. Как минимум до 2041 года «Спектр-УФ» будет единственным в мире космическим телескопом, собирающим данные в ультрафиолетовом диапазоне.

Головной организацией проекта «Спектр-УФ» является Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина, за оптические элементы и зеркала телескопа отвечает АО «Лыткаринский завод оптического стекла», за разработку электронных блоков — Институт космических исследований РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики берет на себя ответственность за комплектацию блока спектрографов и элементов блока камер поля. Головной научной организацией по проекту «Спектр-УФ» выступает Институт астрономии РАН (ИНАСАН). ИФП СО РАН изготавливает электронно-оптические преобразователи для блока камер поля — «глаз» телескопа.

Калибровка фотокатодов — ключевой части электронно-оптических преобразователей — была проведена недавно в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН.

«Исследование и создание фотокатодов — традиционное направление для нашей лаборатории, но с соединением цезий — йод мы раньше не имели дела. Поэтому, когда возник интерес со стороны коллег из ИНАСАН, мы осваивали технологию на ходу: разработали процесс изготовления фотокатодов, дополнительное оборудование и выяснили, какая конструкция позволит добиться максимальной квантовой эффективности, такой, чтобы на фоточувствительной поверхности фотокатода выделялось как можно больше электронов в ответ на поглощенные фотоны. Результаты недавней калибровки, проведенной в ИЯФ СО РАН, показали, что квантовая эффективность первых тестовых устройств составляет 40 % (упрощенно говоря, 100 фотонов “производят” 40 электронов), что существенно превышает пороговые значения, обязательные для “Спектр-УФ”», — поясняет заведующий лабораторией ИФП СО РАН профессор РАН, доктор физико-математических наук **Олег Евгеньевич Терещенко**.

«Необходимое и достаточное значение квантовой эффективности для нас — 20 %. Звезды — слабый источник излучения, и мы боремся за каждый процент, поэтому эффективность в 40 % — это идеально. Таких параметров достигали ранее только в Японии, в компании Hamamatsu Photonics», — подчеркивает директор ИНАСАН профессор РАН, доктор физико-математических наук **Михаил Евгеньевич Сачков**.

В кооперацию по проекту «Спектр-УФ» входит множество ведущих научных и производственных организаций России. Ранее одним из партнеров была испанская компания, которая разрабатывала фотокатоды для «глаз» телескопа, но сотрудничество прекратилось и потребовалось отечественное решение, которое предложили специалисты ИФП СО РАН.

«На одной из конференций мы увидели подробную презентацию о работах в лаборатории Олега Евгеньевича Терещенко и были приятно удивлены, что в Институте физики полупроводников есть, по сути, полный цикл производства электронно-оптических преобразователей. Это именно то, что нам надо, поскольку готового продукта с требуемыми характеристиками не существует, его нужно разрабатывать, адаптировать для проекта. Кроме того, важно, что происходит взаимодействие двух академических институтов, развитие идет в обе стороны», — добавляет Михаил Сачков.

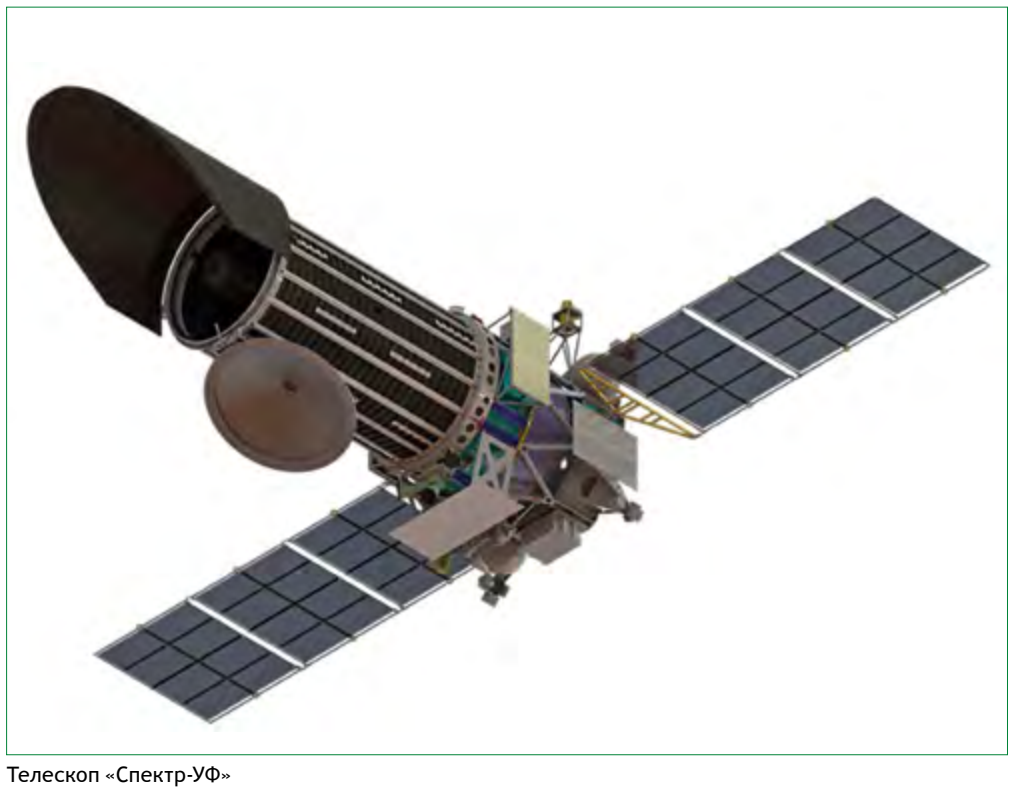
Вакуумный ультрафиолет (ВУФ) полностью поглощается земной атмосферой, поэтому для работы в этой области приходится создавать специализированные высоковакуумные установки. Единственный в России синхротронный источник, на котором можно проводить работы в ВУФ-диапазоне, находится в ИЯФ СО РАН — это станция синхротронного излучения «Космос», которая использует излучение из накопителя ВЭПП-4. Большую часть времени, около 75 %, ВЭПП-4 работает как коллайдер, а оставшиеся 25 % — как источник синхротронного излучения. На станции «Космос» можно добиться требуемой мощности излучения и провести калибровку устройств, работа которых связана с излучением в ВУФ и мягком рентгеновском диапазонах.

«В процессе калибровки мы соотносим показания прибора с показаниями эталонного детектора. Излучение в вакуумном ультрафиолете очень капризное: оно полностью поглощается в атмосфере, оптика и детекторы в этом диапазоне сильно меняют свои свойства при наличии даже незначительных загрязнений на поверхности. Поэтому приходится соблюдать особые меры предосторожности и все измерения проводить в высоком вакууме. В данном случае мы измеряли эффективность фотокатодов при их облучении фотонами с определенной длиной волны. Эти фотоны мы выделяем из белого пучка синхротронного излучения с помощью монохроматора, в состав которого входят зеркала, дифракционная решетка и фильтры из фторида магния. Создателей “Спектр-УФ” особенно интересует узкий диапазон вокруг спектральной линии Лайман-альфа (~121,6 нанометра), так как она служит важным диагностическим инструментом для исследования атмосферы планет, активности звезд. Для других длин волн мы тоже оцениваем эффективность фотокатодов. Методика выполнения измерений отлажена, это довольно стандартная процедура. Так сложилось, что большую часть времени наша станция работает в мягком рентгеновском диапазоне, однако перенастроить установку для вакуумного ультрафиолета не слишком сложно», — отмечает старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Антон Дмитриевич Николенко**.

Сегодня российский проект «Спектр-УФ» позиционируется как национальный и находится в степени готовности более 50 %.

«После запуска мы планируем работать по базовой программе, закрывающей основные исследовательские направления. Первое и самое важное из них — получение информации об атмосфере экзопланет. Кроме того, “Спектр-УФ” будет действовать в режиме обсерватории, когда астрономы (в том числе иностранные) подают заявки, и мы их реализуем. Проект востребован: если судить по запросам в наблюдениях к телескопу имени Хаббла, их больше чем десять к одному, то есть из десяти заявок реализуется только одна. “Спектр-УФ” полностью импортонезависим, у нас есть всё необходимое», — резюмирует Михаил Сачков.

Пресс-служба ИФП СО РАН
Фото Надежды Дмитриевой, изображение предоставлено Михаилом Сачковым



Телескоп «Спектр-УФ»

Фотокатоды цезий — йод — ключевая часть электронно-оптических преобразователей для «глаз» «Спектр-УФ»

Сибирские геологи разрабатывают модель формирования золотосеребряных месторождений на Камчатке

Сотрудники Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН провели комплексное исследование минералообразующих растворов пяти золотосеребряных месторождений на Камчатке и выяснили, что наряду с водой и углекислым газом в их формировании участвовали различные органические соединения. Результаты исследования опубликованы в журнале Minerals.

Камчатка — это богатый минеральными ресурсами край, в его пределах известно огромное количество месторождений полезных ископаемых. Золотосеребряные месторождения Камчатки геологи используют как полигон для изучения процессов рудообразования, которые происходили на активной континентальной окраине.

«В данном случае мы взяли пять месторождений: Родниковое, Бараньевское, Кумроч, Лазурное и Малетойваям. Ранее специалисты изучили состав руд и определили тип минерализации на этих месторождениях. Следующим шагом стало установление условий формирования руд на этих объектах, а в этой работе мы решили выяснить, какие характеристики флюида (раствора) являются наиболее важными для формирования рудных залежей. Ученых интересовали не только температура, соленость и давление, но и то, как состав флюида влияет на содержание определенных элементов в руде», — пояснила научный сотрудник ИГМ СО РАН кандидат геолого-минералогических наук **Елена Олеговна Шапаренко**.

В результате специалисты выяснили, что все изученные месторождения формировались при схожих параметрах: средних температурах (160—308 °С), слабо-средней солености растворов (0,5—6,8 мас.% NaCl-экв.) и низком давлении флюида. Ученые использовали высокоточный метод анализа летучих компонентов газовой хромато-масс-спектрометрии с детальным выяснением химического состав соединений в рудообразующих флюидах. Этот метод позволил установить, что во флюиде основными компонентами являются вода и углекислый газ, но кроме них геологи обнаружили более 200 различных органических соединений — от простых по типу метана до сложных, в составе которых есть азот или сера. Более того, концентрация органических веществ коррелирует с содержанием рудных компонентов в породах. Особенно ярко это выражено на месторождении Малетойваям, обладающем уникальной минерализацией: селен, теллур, сурьма, висмут и мышьяк.

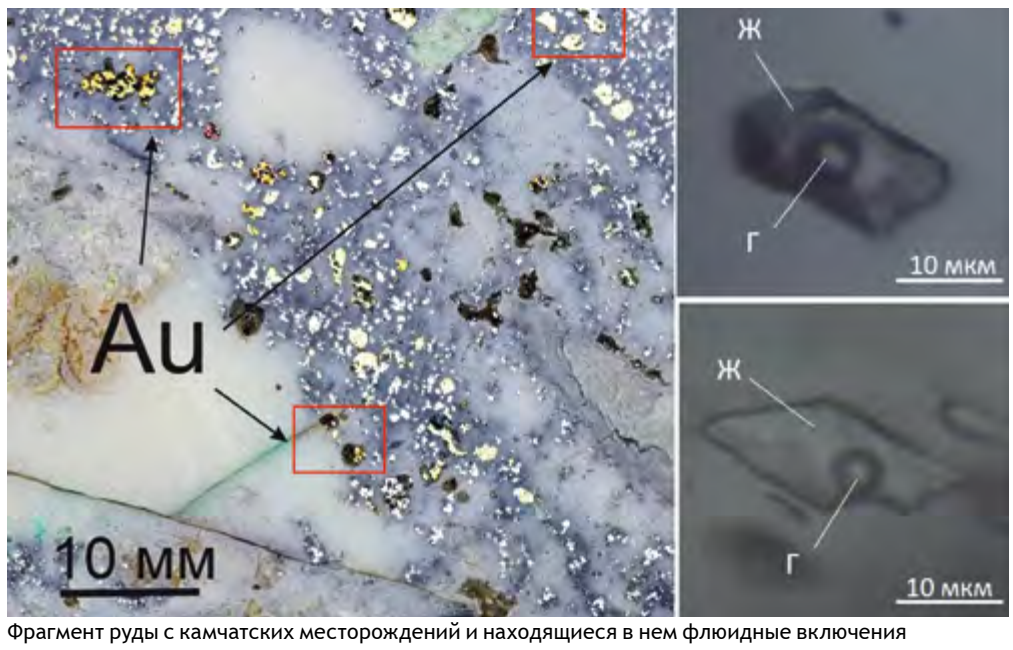
Роль органических соединений в формировании месторождений крайне важна — такие вещества, обнаруженные в минералообразующих флюидах, способствовали повышению концентрации металлов в растворах. «Мы впервые установил наличие органики в рудообразующих флюидах золотосеребряных месторождений Камчатки. В дальнейших планах — составление генетической модели формирования изученных месторождений с привлечением дополнительных данных об источниках флюида», — добавила Елена Шапаренко.

Она пояснила, что в основе работы лежит методика анализа флюидных включений — мельчайших порций минералообразующих растворов, сохранившихся в минерале. Изучение флюидных включений позволяет реконструировать процессы рудообразования: установить температуру, давление, соленость и химический состав минералообразующих растворов. В дальнейшем эти данные применяются для построения геолого-генетических моделей месторождений, которые далее используются для поиска новых рудных объектов.

Исследование проведено в рамках проекта, поддержанного грантом РНФ 23-27-00258, руководитель доктор геолого-минералогических наук **Надежда Дмитриевна Толстых**.

Елена Шапаренко, ИГМ СО РАН
Фото предоставлены исследователями

Надежда Толстых и Мария Шаповалова во время полевых работ на Камчатке



Фрагмент руды с камчатских месторождений и находящиеся в нем флюидные включения

Химиотерапия работает эффективней вместе с онколитическим вирусом

Исследователи из Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН предложили комбинировать химиотерапию и терапию онколитическими вирусами при лечении глиом. Метод уже показал эффективность на клеточных культурах и модельных животных. Статья ученых опубликована в международном журнале International Journal of Molecular Sciences.

Глиома — это агрессивный тип трудноизлечимой опухоли центральной нервной системы. Золотой стандарт ее лечения включает удаление новообразования хирургами с последующей химиотерапией темозоломидом и радиотерапией. Однако глиомы устойчивы к разным методам лечения, поэтому терапия часто оказывается малоэффективной. Например, опухолевые клетки глиом способны исправлять нарушения ДНК, вызванные химиотерапевтическими препаратами, и таким образом остаются устойчивыми к лечению. Для решения этой проблемы исследователи предложили дополнить противоопухолевое действие химиопрепарата онколитическим вирусом.

«Для использования этих вирусов в терапии предпочтение отдается либо вирусам животных, птиц и так далее), либо ослабленным штаммам вирусов человека. Наш вирус создан на основе штамма вируса осповакцины L-IVP, который использовался до 1980-х годов для создания противооспенной вакцины: он уже показал, что действительно безопасен и хорошо переносится людьми. Дополнительно наши коллеги из Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор» ослабили данный штамм в отношении здоровых клеток и нацелили на опухолевые», — рассказывает младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии ИХБФМ СО РАН **Алиса Борисовна Агеенко**.

Для нацеливания вирусного препарата на злокачественные клетки ученые из ГНЦ ВБ «Вектор» удалили из вирусного генома фрагменты генов вирусной тимидинкиназы (фермент, который участвует в синтезе ДНК) и ростового фактора (белок, который стимулирует рост неинфицированных клеток, способствуя вирусной инфекции). На их места были встроены гены человеческого ГМ-КСФ — фактора, который участвует в созревании подмножеств иммунных клеток, стимулируя тем самым местный противоопухолевый иммунный ответ, и онкотоксического белка лактаптина, который вызывает гибель опухолевых клеток.

Глиомы способны изменять иммунную систему так, чтобы она игнорировала опухолевые клетки: они становятся невидимыми для нее. Онколитические вирусы помогают сделать новообразование снова видимыми для иммунитета: вирусы распознают опухолевую клетку, размножаются в ней, что приводит к разрушению клетки. При этом из нее высвобождаются опухоль-специфические антигены, которые помогают организму формировать иммунный ответ против злокачественных клеток. Антигены привлекают иммунные клетки в опухоль и таким образом подсвечивают глиомы, словно прожектор.

Для начала ученые подобрали необходимые концентрации темозоломида и онколитического вируса, а также их комбинации на клеточных культурах глиом человека. Специалисты выяснили, что наиболее эффективно опухолевые клетки уничтожала комбинация, где сначала применялся онколитический вирус, потом, через 60 часов, — темозоломид. Дальнейшие исследования на модельных животных — мышах — показали большую эффективность нового метода в сравнении с традиционным лечением темозоломидом. Введение животным только темозоломида вызывает торможение роста трансплантированных опухолей всего на 33 %, а совместное применение с онколитическим вирусом позволило достичь уменьшения размеров опухолей до 96 % в сравнении с контрольной группой животных, не получавших терапию. Проведя гистологический анализ трансплантированных опухолей после проведенной терапии, ученые выяснили, что разрушение опухолевой ткани более выражено при применении сначала онколитического вируса, а затем — темозоломида, что согласуется с выводами, полученными в экспериментах с культурами клеток.

Для применения в клинической практике наиболее действенный подход — обработка вирусным препаратом места нахождения опухоли сразу после ее удаления. Через восемь-девять дней ученые рекомендуют химиотерапию темозоломидом. Этот подход позволит воздействовать на оставшиеся после операции опухолевые клетки и снизить при лечении дозу темозоломида, что уменьшает токсические побочные эффекты терапии.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-64-00041.

Подготовили студенты отделения журналистики Гуманитарного института НГУ Анастасия Толстова и Злата Шагарова для спецпроекта «Мастерская “Науки в Сибири”»

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 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: 03.06.2025 г.
Объем: 2 п. л. Тираж: 1 100 экз.
Стоимость рекламы: 80 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 13 руб. за экз.

© **«Наука в Сибири», 2025 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!

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.

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

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

ВЫБОР РЕДАКЦИИ

Губители Римской империи, рентген для Рентгена и «генерал Геморрой»

Научно-популярный контент иногда существует только в интернете и нигде более. Читаем интереснейшие статьи по истории медицины, опубликованные в необычном месте — на сайте подмосковной Ильинской больницы. И нигде более.

Единственный недостаток этих текстов — труднообнаружимость. Они словно специально спрятаны в сложной структуре больничного ресурса, и среди изобильной информации для пациентов их отыщет только тот, кто когда-то читал и помнит названия разделов. А их пять: «Болезни великих правителей» https://ihospital.ru/tag/bolezni_velikih_pravitelej/, «Нобелевские лауреаты» https://ihospital.ru/tag/nobelevskie_laureaty/, «Медицина в музыке» https://ihospital.ru/tag/medicina_v_muzyke/, «Ранения героев» https://ihospital.ru/tag/ranenija_geroev/ и «Великие эпидемии» https://ihospital.ru/tag/velikie_jepidemii/.

И еще один изъян — по неведомым причинам не указан автор всех статей. Этот человек (судя по стилистике текстов, один и тот же) достоин получить высокую премию для популяризаторов науки. Потому что сочетает широкую эрудицию, легкий (но не развязный) слог и выбор максимально драматичных сюжетов.

«Болезни великих правителей», например, наглядно показывают зависимость хода мировой истории от недугов ее вершителей. Империю **Наполеона** добил «генерал Геморрой»: в переломный момент битвы при Ватерлоо у Бонапарта случилось обострение, вынудившее покинуть поле боя и снимать боль в горячей ванне. Этот эпизод показан в фильме «Ватерлоо» **Сергея Бондарчука**, но диагноз не упоминается. Впрочем, у Наполеона по жизни был богатый букет заболеваний, включая нервные и венерические, что не помешало ему возглавить Францию и покорить практически всю Европу. А инфекция от укуса макаки погубила в 1920 году короля Греции **Александра I**: после него трон занял монарх-германофил, рассорившийся с Антантой. В итоге изменяется ход греко-турецкой войны и происходит «малоазийская катастрофа» (массовые депортации и геноцид, прежде всего армян), о чем позже **Уинстон Черчилль** скажет: «Возможно, не будет преувеличением заметить, что четверть миллиона человек умерли от укуса обезьяны».

Объединять композиторов и музыкантов с тиранами и завоевателями в один раздел не стали, видимо, по идейным соображениям. Хотя и там, и тут тексты строятся по одному принципу: история великого человека как история болезни. Это понятно уже по заголовкам: «**Эдвард Хагеруп Григ**. Плеврит оборвал жизнь композитора на пике славы», «Астма и воспаление легких отняли у мира великого **Антонио Вивальди**», «**Фредерик Шопен**. Его убили муковисцидоз и жестокость **Жорж Санд**» (чем не патоген), рядышком размещены статьи «Ревматологические причины смерти **Вольфганга Амадея Моцарта**» и «Генетические причины самоубийства **Курта Кобейна**». Первым же делом хочется прочитать вот это: «Причины самоубийства **Антонио Сальери**. Деменция или муки совести?». Спойлер — ошибка в заголовке. Не самоубийства, а попытки суицида, спровоцированной, скорее всего, принудительным помещением в психушку родственниками, рвавшимися к наследству. А умер композитор от гангрены, вызванной атеросклерозом.

К обладателям Нобелевских премий у автора подход неформальный. Это не только лауреаты по физиологии и медицине (одна номинация, напомним), но и представители других областей знания, причасные к прогрессу здравоохранения, начиная с первого лауреата по физике **Вильгельма Конрада Рентгена**. По злой иронии судьбы ему самому сделали рентген слишком поздно. «Рентген тяжело заболел, за 14 дней потеряв в весе 20 килограмм. Вызванный облучениями рак толстой кишки пожирал тело ученого. У него буквально не было денег на врача. Деньги нашел его любимый ученик, будущий академик **Абрам Иоффе**. Парадоксально, но ждать очереди на рентгеноскопию пришлось две недели! Врач-рентгенолог был весьма удивлен, узнав фамилию пациента, и долго не верил, что это именно тот человек, который открыл рентгеновские лучи. Денег врач не взял.» Физиолог **Иван Павлов**, генетики **Джеймс Уотсон** и **Френсис Крик**, инфекционист **Эмиль фон Беринг** и другие великие ученые предстают живыми людьми со всеми присущими особенностями характера и странностями поведения, а их открытия — захватывающими историями озарений и ошибок.

Эпидемический раздел снова напоминает о влиянии заболеваний на исторический процесс. Взять ту же Римскую империю. «*Imperium Romanum* при его высокой урбанизации был подарком для микроорганизмов и вирусов. Даже такие простые желудочно-кишечные болезни, как паратиф и дизентерия, распространялись в густонаселенных городах со скоростью лесного пожара, заражая еду и воду. Осушение болот и прокладка новых дорог обернулись постоянно бушующей малярией. Ослабленные малярией и другими болезнями, иссушенные недоеданием обитатели империи становились легкой добычей простуды, туберкулеза и других заболеваний. Антонинова чума совпала с концом оптимального климатического режима, Киприанова чума посеяла панику и породила изменения.» Написанный до пандемии ковида текст (как и другие недатированный) заканчивается почти пророчеством: «Сегодняшний мир — не Древний Рим. Человечество вооружено санитарией и гигиеной, научными институтами, системой здравоохранения, инструментами и способами защиты от болезней. Но кто знает, может, и против нашего могущества найдется мелкий, но очень эффективный паразит».

«Ранения героев» — краткая энциклопедия живучести и везучести (в основном) знаменитых воителей. На высших ступенях пьедестала — национальный герой Чехии **Ян Жижка** и наш **Михаил Илларионович Кутузов**. Первый в одном из сражений потерял глаз, в другом — оставшийся, но продолжил лично командовать армией чешских протестантов-таборитов. При этом стоит заметить, что его возраст приближался к 65 годам, и он, по свидетельству хронистов, имел более 50 ранений и множество увечий и переломов, от которых мучительно страдал в сырую погоду. Жижка умудрялся водить в бой войска, руководить сражениями, выслушивая своих адъютантов, ординарцев и посыльных, которых все звали его глазами. «Страшный слепец», как звали его враги-католики, умер от чумы (про эпидемии уже прочитали), после чего бойцы-табориты назвали себя «сиротками». Кутузов же не был одноглазым — повязку носил только как киногерой («Гусарская баллада» и т. д.). Зрение на правом глазу ухудшалось постепенно у дожившего до старости полководца, получившего два (!) сквозных (!!) пулевых ранения в голову (!!!). А пули тогда были не то что нынешние: величиной от крупной черешни до грецкого ореха.

Скажем откровенно, эту аннотацию можно было бы завершить сразу после гиперссылок. Научно-популярные статьи на сайте Ильинской больницы написаны заметно лучше этих строк. Остается пожелать вам интересного (и длительного, текстов там много) чтения.

А если соберетесь, например, в Таиланд — поосторожнее с макаками.

Андрей Соболевский
Иллюстрация из открытых источников