



Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 6 июня 2024 года • № 22 (3434) • 12+



Почему мы стали видеть северные сияния над Сибирью?



Читайте на стр. 4–5

Новость

Состоялась встреча глав академий наук стран БРИКС

В Москве прошел Форум академий наук стран БРИКС, посвященный партнерству в интересах мира, взаимного развития и благополучия. Встреча была приурочена к году российского председательства в БРИКС и 300-летию Российской академии наук. Вопросы, которые обсуждались на форуме, и международные научные взаимодействия Сибирского отделения РАН прокомментировал председатель СО РАН академик Валентин Николаевич Пармон.

«В соответствии с федеральным законом № 253 от 2013 года в число важных обязанностей РАН входит организация международных научных связей. Традиционно научные контакты академии поддерживались по следующим каналам: во-первых, у нас хорошо отработана система взаимодействия РАН и Национальной академии наук Беларуси через Межакадемический совет по проблемам развития Союзного государства. Во-вторых, уже более 30 лет работает Международная ассоциация академий наук (МААН), которая была организована сразу после распада СССР и объединила академии наук бывших советских республик. Позже к ним присоединились академии наук Китая, Черногории и некоторых других стран. МААН имеет разветвленную сеть научных советов, в работе которых

участвуют, в том числе, представители Сибирского отделения. В этом году, летом, предполагается встреча представителей МААН в Москве под эгидой РАН. Кроме того, есть Ассоциация академий и обществ наук Азии (AASSA), которая была организована по предложению академика Николая Леонтьевича Добрецова. Эта структура объединяет академии наук стран Дальнего Востока и Тихоокеанского региона. На данный момент Россию там представляет Дальневосточное отделение РАН. В ближайшее время собирается очередное большое совещание AASSA.

В связи с новой геополитической ситуацией серьезное внимание Россия уделяет развитию научных взаимоотношений и нового международного образования между странами БРИКС. Первая ознакомительная встреча академий наук этих стран происходила в Москве во время Общего собрания РАН», — рассказал Валентин Пармон.

В БРИКС входят Россия, Китай, Бразилия, Индия и Южная Африка. С первого января 2024 года к ним присоединились Саудовская Аравия, ОАЭ, Иран, Эфиопия и Египет. Научное сотрудничество стран — участник БРИКС подразумевает координацию направлений научных исследований, формирование международных научных коллективов и образовательных платформ. Предполагается запуск флагманских иссле-

довательских проектов, в том числе в области астрономии, информационно-коммуникационных технологий, биотехнологий и других. За счет присоединения новых стран будет расширен перечень научных установок в рамках BRICS GRAIN (Global Research Advanced Infrastructure Network) — международной сети инфраструктурных проектов по исследовательской инфраструктуре и проектам класса мегасайнс. Кроме того, планируется обеспечить ученым объединения доступ к исследовательским объектам и базам научных данных разных стран БРИКС. Для этого может быть разработана межгосударственная программа академической мобильности.

Также в повестке ознакомительной встречи были вопросы формирования международных научных коллективов и научно-образовательных платформ. Ведется работа по организации программ стажировок и обмена молодыми учеными и проведению международных сухопутных и морских экспедиций. Совместно с Русским географическим обществом планируется учредить 18 августа День географа стран БРИКС, который будет сопровожден научной экспедицией в Красноярский край и Республику Хакасия.

«По поводу дальнейшего развития сотрудничества в рамках БРИКС академик Владислав Яковлевич Панченко высказал позицию РАН: нужны совместные

длительные программы взаимодействия ученых там, где есть пересечение интересов разных стран. Это, прежде всего, вопросы медицины, продовольственной безопасности и использование новых технологий. Взаимодействие по этим направлениям со многими странами БРИКС у России уже было, и оно должно расширяться. Например, Иран имеет хорошо развитую нефтехимическую промышленность. Нам могут быть интересны совместные исследования по использованию углеводородов, а также сотрудничество с этой страной в области здравоохранения. Зона взаимных интересов с Южной Африкой — получение искусственного топлива из угля, вопросы геологии и археологии. Предполагается расширить практику организации конкурсов Российского научного фонда на совместные исследования со странами БРИКС. Также планируется сотрудничество в области издательства научной литературы и обеспечения этой литературой национальных научных библиотек», — сказал Валентин Пармон.

Глава СО РАН отметил, что прошедшая встреча академий наук стран БРИКС носила ознакомительный, установочный характер и конкретные шаги по организации сотрудничества будут определены в ходе дальнейших обсуждений.

В НИОХ СО РАН открылась новая молодежная лаборатория

Молодежная лаборатория по исследованиям соединений фтора создана в Новосибирском институте органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН. Ее научная программа тесно связана с деятельностью Инжинирингового центра института и направлена на подготовку технологических решений для малотоннажного производства.

«Исследования соединений фтора — одно из важнейших направлений деятельности НИОХ СО РАН. Специалисты нашего института начали заниматься их изучением одними из первых в мире, и сегодня мы продолжаем оставаться мировыми лидерами в этой сфере. Неслучайно значок фтора изображен на эмблеме института, — сказал руководитель Инжинирингового центра Павел Анатольевич Заикин. — Синтезом новых веществ на основе фтора занимается несколько лабораторий НИОХ СО РАН, однако у новой молодежной лаборатории будет особая задача. Она создается внутри Инжинирингового центра института, в нее переходит часть наших молодых со-

трудников, которые будут реализовывать прикладную часть проводимых научных исследований, заниматься обеспечением производства, созданного в НИОХ СО РАН, соответствующими технологиями. Это было одним из условий грантового конкурса Министерства науки и высшего образования РФ, который мы выиграли. В бюджет лаборатории мы также закладываем договорную работу с предприятиями реального сектора экономики по созданию технологий, проектов и производство различных химических субстанций как для последующей переработки, так и для конечных потребителей. Это позволит, с одной стороны, обеспечить достойный уровень оплаты труда молодых специалистов и привлечь новых сотрудников, а с другой — сфокусировать усилия молодых сотрудников на решение прикладных задач, что является важнейшим условием обеспечения импортонезависимости страны».

По мнению директора НИОХ СО РАН доктора физико-математических наук Елены Григорьевны Багрянской, создание молодежных лабораторий в научных организациях страны позволяет решать

очень многие проблемы, прежде всего — задачу обновления научных кадров. «Создание молодежных лабораторий в принципе перестроило систему работы с молодыми специалистами, — рассказала Е. Багрянская. — Победа в грантовом конкурсе позволяет сразу получить финансирование лаборатории и привлечь наиболее талантливых и перспективных сотрудников. Как правило, лаборатории создаются под новые, перспективные направления, у которых всегда могут быть свои ответвления, в том числе и прикладные. Созданную лабораторию по исследованиям соединений фтора возглавил молодой специалист кандидат химических наук Дян Ок Тон. Свою научную карьеру в НИОХ СО РАН он начал еще будучи студентом 2-го курса Новосибирского государственного университета. Лаборатория полностью направлена на прикладные разработки для Инжинирингового центра. Летом 2023 года его посетил министр науки и высшего образования РФ Валерий Николаевич Фальков, который высоко оценил деятельность центра, и мы связываем с его развитием дальнейшую

интеграцию результатов научных исследований в реальную экономику».

В качестве примеров Е. Багрянская привела успешную деятельность молодежной лаборатории химии и технологии вторичных метаболитов растений и животных во главе с кандидатом химических наук Максимом Евгеньевичем Мионовым, реализующей проект по технологиям переработки сырья растений Сибири и Дальнего Востока. Интерес к результатам исследований лаборатории фоторезистивных материалов, которую возглавляет кандидат химических наук Евгений Владимирович Васильев, проявил ряд крупных российских компаний. Высоко оцениваются перспективы практического применения результатов исследований молодежной лаборатории органической электроники (руководитель — кандидат химических наук Максим Сергеевич Казанцев). Всего в Новосибирском институте органической химии СО РАН за последние годы создано семь молодежных научных лабораторий.

Пресс-служба НИОХ СО РАН

Томские физики-теоретики объяснили механизм электрического пробоя в вакууме

Научные сотрудники Института сильноточной электроники СО РАН (Томск) объяснили электродинамический механизм ускорения ионов в начальной стадии вакуумного пробоя. Разработанная теория позволяет не только упорядочить полученные ранее экспериментальные данные, но и решить проблему вакуумной изоляции космических аппаратов и промышленной сильноточной электроники.

«Изучение электрического разряда является одной из ключевых задач в сильноточной электронике, электронике больших мощностей, физике источников частиц. Первая стадия электрического разряда — это явление пробоя, нарушение электрической изоляции, в частности вакуумной. За последние десятилетия в мировой практике вакуумного разряда накоплен огромный массив связанных с ним экспериментальных данных, однако до сих пор не существовало единого объяснения того, как же

именно происходит пробой, почему ионы летят к аноду, ведь они имеют положительный заряд и поэтому не должны лететь в сторону увеличения электрического потенциала», — прокомментировал руководитель проекта ведущий научный сотрудник лаборатории теоретической физики ИСЭ СО РАН доктор физико-математических наук Василий Юрьевич Кожевников.

Как объясняет ученый, катодная плазма, образуемая за счет взрыва микроскопических неровностей катода или лазерного инициирования, расширяется с огромными скоростями, при этом аномальный характер носит само ускорение ионов.

С помощью методов математического моделирования томские ученые смогли доказать, что на аномальное ускорение ионов на начальной стадии вакуумного пробоя главным образом влияют электрические поля, а другие факторы второстепенны и существенного воздействия на этот процесс не оказывают. Результатом нескольких лет работы физиков-теоре-

тиков стало создание замкнутой согласованной кинетической теории, объясняющей природу разлета многокомпонентной плазмы в вакуумном разряде.

«Представим себе, что в большом зале собрались родители с детьми в возрасте 5–10 лет, которым после концерта необходимо выйти наружу. При этом дети сломя голову несутся к выходу (это как легкие электроны в плазме), их родители, как тяжелые ионы, вынуждены ускориться, чтобы успеть последовать за ними. Так и в плазме: влияние электрического поля заставляет ионы ускоряться вслед за более быстрыми электронами», — объясняет суть явления заведующий лабораторией теоретической физики ИСЭ СО РАН профессор, доктор физико-математических наук Андрей Владимирович Козырев.

Как установили расчеты, движение ионов к аноду связано еще и с формированием области пониженного потенциала, так называемого виртуального катода, благодаря которому ионы ускоряются к аноду

в зазоре между физическим и виртуальным катодами. Заполнение этого пространства ионами приводит к перемещению виртуального катода к аноду, тем самым способствуя дальнейшему продолжению процесса аномального ускорения ионов. Благодаря полученным в ИСЭ СО РАН результатам появилась возможность рассчитывать скорости всех этих процессов без применения высокопроизводительной вычислительной техники (суперкомпьютеров).

Важное прикладное значение созданной теории заключается в том, что она поможет разработке эффективных предохранителей для космических аппаратов и промышленной сильноточной электроники, способных своевременно защитить дорогостоящее оборудование от разрушающего действия вакуумного пробоя.

Исследование проведено при поддержке РНФ (проект № 23-29-00239).

Ольга Булгакова,
пресс-служба ТНЦ СО РАН

Редкоземельные элементы предложили получать из рассолов

Теоретическим обоснованием этого направления сейчас занимаются в лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН.

Для снижения комплекса рисков от экономических до экологических еще на стадии проектирования необходимо выполнить комплекс детальных гидрогеологических исследований потенциальных объектов разработки и утилизирующих горизонтов. На протяжении ряда лет ведется оценка ресурсной базы гидроминерального сырья нефтегазоносных бассейнов Арктики.

Рассолы — это подземные воды, содержащие растворенные минеральные вещества в повышенных концентрациях. Речь идет о большом количестве микрокомпонентов, включая бром, стронций, йод,

литий, рубидий, а также редкоземельные элементы. Они используются во многих отраслях промышленности, от производства медицинского оборудования до предприятий оборонного комплекса, и имеют стратегическое значение. По сути, рассолы являются жидкими рудами — с помощью специальных технологий можно получить из них большое количество полезных веществ.

По словам специалистов ИНГГ СО РАН, наибольшая концентрация редкоземельных элементов содержится в рассолах Сибирской платформы, Волго-Уральской, Тимано-Печорской и Северо-Кавказской нефтегазоносных провинций. Всё это — потенциальные объекты для извлечения редкоземельных элементов и их дальнейшей переработки. Потенциальным источником редкоземельных элементов могут стать и подтоварные воды нефтегазовых месторождений, находящихся на стадии падающей добычи, что

может повысить рентабельность проекта. Подтоварные воды образуются при очистке сырой нефти от пластовой воды путем отстаивания в резервуарах.

Для извлечения полезных компонентов необходимо переработать большие объемы подтоварных вод, однако в ИНГГ СО РАН утверждают: в перспективе это может быть не менее рентабельным, чем добыча промышленных компонентов из рассолов Сибирской платформы.

«Создание подобных небольших производств на лицензионных участках добывающих компаний может принести ощутимую прибыль, — отмечают в институте. — Будут созданы новые рабочие места, укреплен сырьевой щит по ряду промышленных значимых химических элементов. В целом подобные проекты повлекут за собой развитие инфраструктуры и всей отрасли гидроминерального сырья».

Реализовать добычу редкоземельных элементов из подтоварных вод можно на месторождениях, расположенных на большинстве нефтегазоносных бассейнов России: от Волго-Уральской нефтегазоносной провинции до провинций Сибирской платформы, которые сейчас активно осваиваются в связи с крупными проектами газопроводов «Восточная Сибирь — Тихий океан» и «Сила Сибири». Ряд добывающих компаний уже проявили интерес к подобным проектам и в настоящее время осуществляют опытные работы.

Кроме того, редкоземельные элементы можно извлекать из дренажных вод карьеров и шахтных выработок, где также изливаются рассолы с высоким содержанием микрокомпонентов. Необходимые технологии для этого есть.

Пресс-служба ИНГГ СО РАН

Мозг не всегда способен забывать плохие события

Ученые Научно-исследовательского института нейронаук и медицины исследовали половые и межлинейные различия процессов обучения и угашения памяти о страхе. Специалисты выяснили, что самцы мышей линии, характеризующейся депрессивно-подобным поведением, дольше помнили о негативном опыте, а самки не забывали негативные воспоминания на протяжении всего эксперимента. Исследование опубликовано в «Российском физиологическом журнале им. И. М. Сеченова».

Наша память состоит из процессов запоминания, хранения, воспроизведения и переписывания информации. Самые значимые, эмоционально окрашенные события переходят в долговременное хранение. Однако не менее важная способность — уметь забывать. Она необходима для того, чтобы приспособиться к изменениям, запоминать информацию о новых условиях и адаптировать свое поведение. Ее и исследовали ученые с помощью теста «Условно-рефлекторное пассивное избегание» (УРПИ). Этот тест представляет собой камеру, состоящую из двух отсеков: светлого и темного с электропроводящим полом. В светлую камеру сажают мышью, а в темной подают ток. С помощью этого эксперимента ученые вызывали страх у животного и смотрели, появляется ли реакция пассивного избегания и как долго формируется ее угашение (обучение новому контексту).

«Мы изучали половые различия в реакции угашения условно-рефлекторного страха у мышей Disc1-Q31L (генетическая модель с точечной мутацией гена Disc1, характеризующаяся депрессивно-подобным поведением) по сравнению с контрольной

линией C57BL/6, здоровыми мышами. Исследование проводили по методике «однократного обучения в установке Gemini Avoidance System», — рассказала научный сотрудник лаборатории экспериментальных моделей нейropsychиатрических нарушений НИИИМ аспирантка **Кристина Вячеславовна Смирнова**.

Белок DISC1 принимает большое участие в процессах нейрогенеза в эмбриональном периоде и в некоторых областях мозга взрослого организма, а также при передаче информации (молекулярных сигналов) внутри нейронов и между ними, регулируя пластичность синапсов. Иными словами, влияет на работу центральной нервной системы. Мутация Q31L в гене приводит к тому, что у мышей появляется депрессивно-подобное поведение. Обычно оно проявляется в ангедонии: зверьки перестают пить вкусную сладкую воду, она больше не приносит им удовольствия. С помощью теста принудительного плавления можно заметить и поведенческое отчаяние. Мышь в этом эксперименте опускают в цилиндр, где она не может выбраться из воды, но способна находиться на поверхности, активно двигаться или пассивно дрейфовать. И смотря, через какое время она перестает выбираться и просто дрейфует.

«Мышь — ночное животное, поэтому она стремится перебежать в темный отсек, однако там ее бьют током порядка 0,5 мА. Это не болезненно, однако неприятное раздражение можно получить. Главное, мышка запоминает, что ей находиться в этой камере не очень хочется. На протяжении 24 дней исследования она имела возможность перейти в темный отсек, но какое-то время не делала этого, потому что запомнила, что там будет неприятно. Мы доказали, что произошло формирование следа памяти о страхе. Это самое

мощное эмоционально окрашенное воспоминание, которое может храниться в памяти практически всю жизнь», — отметила научный сотрудник лаборатории экспериментальных моделей нейropsychиатрических нарушений НИИИМ **Надежда Дмитриевна Чижова**.

При дальнейшем тестировании ученые воспроизводили контекст для обучения без негативного фактора, тока. В результате чего у мышей два процесса памяти вступали в противоборство (реконсолидация и угашение). Первый способствовал воспроизведению и подтверждению ранее полученной информации («темная камера опасна»), а второй — его блокаде («туда можно идти», «неопасно», «можно исследовать»). Любая здоровая мышь, которая понимает, что опасности больше нет, через некоторое время снова начинает забегать в темную камеру — происходит угашение памяти о страхе. Однако не у всех этот процесс работает так же.

Способность к угашению памяти о страхе — один из центральных процессов организации адаптивного поведения. Он подвержен изменениям в первую очередь при психопатологиях, например депрессии, или при ПТСР-подобных состояниях (посттравматических стрессовых расстройствах).

«ПТСР возникает в результате единичного или повторяющегося травмирующего события, как правило, связанного с ощущением собственной беспомощности из-за невозможности эффективно действовать в опасной ситуации. У человека не просто появляются воспоминания — негативные эмоции погружают его в страшный момент, он прокручивает их, и эта память не угасает. Так и в нашем исследовании: у нормальной мыши происходит угашение негативных воспоминаний, а мыши с мута-

цией в гене Disc1 долго их воспроизводят. Интересно, что у самцов хоть и с задержкой, но происходило угашение памяти о страхе, тогда как самки еще долго боялись и хранили воспоминания в течение всего периода исследования», — прокомментировала Надежда Чижова.

В последние годы в исследованиях с моделями на животных всё чаще изучают представителей обоих полов. Показано, что женщины чаще мужчин имеют диагноз из спектра депрессивных и тревожных расстройств, в то время как с расстройствами психотического спектра ситуация обратная.

Получилось так, что у самцов C57BL/6 (здоровых мышей) полное угашение памяти о страхе наступило во время 10-го дня тестирования, а у самцов Q31L — во время 19-го. У самок нормальных мышей оно произошло на 17-й день теста, а у самок Q31L даже после 24 дней негативные воспоминания не исчезли.

Самцы Q31L дольше помнят о страхе, у них более продолжительный период переучивания. Эти данные позволили предположить, что нарушение в гене Disc1 может быть предиктором ПТСР-подобных нарушений.

«Поскольку проявления ПТСР-подобных нарушений схожи у мышей (при проведении эксперимента) и людей, можно предположить, что модель линии мышей Disc1-Q31L может подходить для изучения механизмов данного заболевания и разработки новых методов терапии, например направленных прицельно на фосфодиэстеразу PDE4B. Она принимает участие, в том числе, в процессах, связанных с памятью о страхе», — сказала Кристина Смирнова.

Полина Щербакова

Ученые НИИ онкологии Томского НИМЦ провели международную школу по анализу отдельных клеток в Казахстане

Международная научно-практическая школа ASCA ASTANA WORKSHOP 2024 прошла в Астане на базе Назарбаев Университета.

Ее участниками стали более 70 человек. На лекциях и практикумах поделились опытом ведущие ученые в сфере анализа отдельных клеток, представители России, Казахстана, Китая, Германии, Великобритании, Нидерландов, Бельгии и США.

Метод анализа отдельных клеток позволяет изучать «молекулярный портрет» каждой клетки в отдельности в составе сложноустроенных тканей организма. Это необходимо как для идентификации новых типов клеток и изучения взаимодействий клеток друг с другом, так и для обнаружения ранее не изученных процессов, протекающих внутри клетки, и молекул, которые могут быть потенциальными мишенями для лекарственных препаратов.

Трехдневная программа школы включала лабораторные практикумы по новейшим технологиям секвенирования единичных клеток и цифровой ПЦР, а также круглый стол «Опыт анализа отдельных клеток».

«Мы рады отметить, что научно-практическая школа, инициированная нашими учеными пять лет назад, растет и приобретает все больший масштаб. Это мероприятие ежегодно собирает ведущих ученых России и зарубежья, специалистов в области молекулярной и клеточной биологии



и биоинформатики, и впервые в этом году мы проводим школу в Казахстане, чтобы поделиться опытом с коллегами и наметить перспективы сотрудничества», — подчеркнул научный руководитель НИИ онкологии Томского НИМЦ академик **Евгений Лхамцыренович Чойнзонов**.

«Анализ отдельных клеток — новый исследовательский подход, который в последние годы активно развивается во всем мире. Эти технологии сейчас необходимо изучать и совершенствовать, активно обмениваться опытом, чему способствует международная научно-практическая школа. Благодарю наших томских коллег за эту возможность», — отметил генераль-

ный директор Национальной лаборатории Астаны (National Laboratory Astana), вице-президент Национальной академии наук Казахстана профессор **Дос Журмаханбетович Сарбасов**.

Сопредседатель оргкомитета школы заведующий лабораторией биологии опухолевой прогрессии НИИ онкологии Томского НИМЦ, заведующий лабораторией биологии единичных клеток Российского университета дружбы народов доктор биологических наук **Евгений Владимирович Денисов** выразил благодарность представителям Назарбаев Университета и партнерам школы за поддержку и подчеркнул, что за пять лет существования мероприя-

тие сформировало профессиональное сообщество — Ассоциацию по анализу отдельных клеток (ASCA). «На сегодняшний день ASCA объединяет уже более 200 человек из 42 стран», — подчеркнул Евгений Денисов. Он также добавил, что участие в школе, бесплатной для исследователей, позволяет развивать ключевые компетенции и устанавливать важные контакты в профессиональном сообществе.

Организаторы школы: Назарбаев Университет, Томский НИМЦ РАН, Российский университет дружбы народов, Ассоциация анализа отдельных клеток (ASCA) и Ассоциация цифровой ПЦР (DPA).

Пресс-служба ТНИМЦ РАН

Почему мы стали видеть северные сияния над Сибирью?

12 мая наша планета пережила самую мощную магнитную бурю за последние двадцать лет и третью по силе за всю историю наблюдений. С чем это связано? Почему мы стали видеть северные сияния над Европой и Сибирью? Оказывают ли магнитные бури влияние на климат? Действительно ли они вызывают повышенное давление, головную боль и бессонницу? Обо всем этом мы поговорили с заместителем директора Института солнечно-земной физики СО РАН, заведующим лабораторией средней и нижней атмосферы кандидатом физико-математических наук **Романом Валерьевичем Васильевым**.



Р. В. Васильев

— Почему за последний год участились магнитные бури и мы стали видеть северные сияния в необычных местах: в Новосибирске, Центральной России, в Европе и, говорят, даже в Африке?

— Это связано с 11-летним циклом солнечной активности. Раз в 11 лет увеличивается число пятен на Солнце, а они являются источником вспышек солнечного излучения в рентгеновском диапазоне и выбросов корональной массы. В обычном режиме от Солнца непрерывно течет водородно-гелиевая плазма — солнечный ветер. Однако солнечные пятна делают поток этого вещества неравномерным. Проще говоря, они генерируют порывы солнечного ветра, что приводит к возникновению на Земле геомагнитных бурь.

Одно из наиболее ярких проявлений этих бурь — полярные сияния. Плазма, исходящая от Солнца, затормаживается и накапливается в магнитном поле Земли. Если давление солнечного ветра усиливается, в ней могут начать происходить специфические процессы, в результате которых частицы плазмы высыпаются в верхнюю атмосферу. Это заставляет воздух светиться, и мы видим полярное сияние. Такая цепочка процессов активизируется раз в 11 лет. Увеличивается количество пятен, вспышек, выбросов вещества и, соответственно, возрастает число магнитных бурь и полярных сияний.

— Но кажется, будто в нынешнем году эти процессы проявлены сильнее, чем 11 лет назад? Я не помню, чтобы в 2013 году в Новосибирской области так часто наблюдались северные сияния.

— Причина этого явления многофакторная. В первый год цикла солнечной активности пятен на Солнце мало, потом их количество нарастает, достигает пика в пятый-седьмой год и снова снижается почти до исходного количества к одиннадцатому году. Люди уже достаточно долго наблюдают за динамикой появления пятен на Солнце. От начала наблюдений можно насчитать 25 циклов солнечной активности. Нынешний 25-й цикл подходит к своему максимуму, и уже понятно, что он сильнее 24-го (а возможно, и 23-го), — в каждый год этого цикла количество пятен на Солнце больше, чем в аналогичный период предыдущего.

Второй фактор заключается в том, что магнитное поле Земли нестационарно.

Оно испытывает так называемые вековые вариации — медленные изменения своей конфигурации. Геомагнитный полюс не стоит на месте, а перемещается. Если недавно он гулял где-то по Канаде, то в последнюю сотню лет стремительно движется в сторону Сибири. Вся конфигурация магнитного поля могла измениться таким образом, что авроральный овал — то место, где частицы высыпаются на Землю, вызывая полярные сияния, — начал перемещаться из Америки в сторону Евразии. Это означает, что сейчас появляются более благоприятные условия для наблюдения полярных сияний на территории России.

Третья причина состоит в том, что люди сейчас хорошо оснащены смартфонами с очень качественными высокочувствительными камерами. Это значит, что практически у каждого человека есть возможность заснять неяркие сияния, возникающие в средних широтах. Кроме того, каждый смартфон имеет моментальный выход в интернет. Как только человек сфотографировал что-то интересное, он тут же выкладывает это в соцсети и снимок быстро распространяется на широкую аудиторию. Среднеширотные сияния, напоминающие полярные, наблюдались и раньше, просто об этом не так много говорили и возможностей их зафиксировать было меньше.

— Насколько современной науке понятна динамика циклов солнечной активности и можем ли мы предположить, что 26-й цикл солнечной активности может быть сильнее 25-го, а 27-й — сильнее 26-го?

— Я не специалист в теории Солнца. Картина того, как меняется его магнитное поле, в общих штрихах известна. Однако для того чтобы делать конкретные количественные выводы об усилении или ослаблении солнечной активности от цикла к циклу, данных пока недостаточно. Конечно, ученые строят модели и выдвигают гипотезы, но насколько хорошо они будут оправдываться, пока непонятно. Тем более что комплексная информация о Солнце, его магнитном поле, излучении и многих других параметрах стала накапливаться сравнительно недавно. Я думаю, нужно будет подождать еще как минимум пару циклов, чтобы получить более-менее детальную модель солнечной динамики и ее взаимодействия с солнечным ветром, с плазмой солнечной системы, с магнитным полем и плазмой Земли в ближайшем от нее космическом пространстве.

— Оказывают ли магнитные бури какое-то влияние на климат? Говорят, они могут вызывать природные аномалии, катаклизмы. Насколько это доказано?

— Есть различные представления на этот счет. Само магнитное поле и его вариатив-

ность не оказывает на атмосферу почти никакого влияния. Но во время геомагнитной бури Земля попадает в плазменный пузырь неоднородности солнечного ветра, экранирующий ее от галактического космического излучения, которое достигает поверхности планеты и вызывает ионизацию приземного воздуха. Есть косвенные свидетельства, что эти галактические космические лучи опосредованно воздействуют на климат, изменяя количество ионов в нижней атмосфере и ее электрические свойства.

Скорее всего, гораздо больше климат зависит от других космических факторов. Солнце и Земля существуют в Солнечной системе не изолировано — есть еще Меркурий, Венера, Юпитер, пояс астероидов и другие объекты. С гравитационной точки зрения это очень сложная конструкция, которая вращается вместе с Солнцем. Все эти небесные тела воздействуют друг на друга. Даже небольшие отклонения в орбитальном движении, возникающие вследствие их сложной гравитационной динамики, определяют климат в большей степени, чем солнечная активность. Расстояние от Земли до Солнца в этой системе, наклонение орбиты Земли могут варьироваться, приводя к осязательному изменению потока солнечной радиации, поглощаемой поверхностью Земли. Вариации этих параметров со временем называются циклами Миланковича.

Динамика самой атмосферы, ее устройство, взаимодействие с океаном, отклик на антропогенные выбросы вещества (углекислый газ, метан), способность экранировать поток основного солнечного излучения аэрозолями — это тоже сложные процессы, которые пока до конца не изучены. Скорее всего, они тоже в большей степени влияют на климат, нежели солнечная и геомагнитная активность. Точные знания, в каком пропорциональном соотношении находятся эти разные факторы, важны для понимания того, куда мы движемся и что происходит с климатом.

— Как магнитные бури воздействуют на технику и электронику? В сентябре 1859 года мощная геомагнитная буря — событие Кэррингтона — вызвала отказ телеграфных систем по всей Европе и Северной Америке. А в марте 1989 года вся канадская провинция Квебек осталась без электричества на 12 часов. Возможно ли повторение подобных событий сегодня?

— Изменение магнитного потока в замкнутом контуре приводит к возникновению тока в этом контуре. Это означает, что любые вариации магнитного поля на Земле могут вызывать наведенные токи в протяженных проводниках. В тысячеки-

лометровых трубопроводах, железнодорожных линиях и линиях электропередач могут образовываться достаточно сильные наведенные токи во время геомагнитных бурь. Существуют свидетельства, что при мощных и очень резких изменениях геомагнитного поля энергетическая инфраструктура может выходить из строя. Во время события Кэррингтона повреждения аппаратуры и несчастные случаи на телеграфных станциях происходили именно по такой причине. Но магнитная буря, случившаяся тогда, была очень сильной, в несколько раз мощнее той, которая произошла 12 мая этого года.

Также геомагнитные бури способны воздействовать на радиосвязь. В верхней атмосфере Земли существует ионосфера — холодный слой плазмы, образованный солнечным излучением. Когда происходит геомагнитная буря, он начинает нагреваться, деформироваться, в результате чего ионосферная плазма становится неоднородной и снижается ее концентрация. Из-за этого ухудшаются условия распространения радиоволн. Работа всех системы, эксплуатирующих радиосвязь: радиостанций (в особенности коротковолновых), спутниковых каналов связи, систем радио и спутниковой навигации, может ухудшиться.

Кроме того, геомагнитные бури могут создавать трудности для самих спутников. Спутники перемещаются в разреженном газе верхней атмосферы. При нагреве, вызванном солнечной активностью, расширяются слои атмосферы, лежащие ниже спутниковых орбит, и происходит перераспределение плотности газа, которое повышает его плотность наверху. Тогда спутники начинают интенсивней тормозиться, что может вызвать их падение.

О влиянии геомагнитных бурь на технику люди знают уже достаточно давно. Большинство систем в транспорте, энергетике, связи сегодня проектируются исходя из того, чтобы быть минимально подверженными влиянию эффектов солнечной активности. Для спутников, например, существуют специальные сценарии динамики, позволяющие нивелировать эффекты, связанные с космической погодой.

— Слышала мнение, что на усиление магнитных бурь может влиять деятельность человека. Мол, из-за космического мусора и мощных радиостанций, работающих на длинных волнах, ионосфера стала рваная и турбулентная. Что вы думаете на этот счет?

— Человек может воздействовать на ионосферу, но эти воздействия локальны. Ионосфера может измениться потому, что в ней нарушится химическое равновесие. Когда Солнце светит на Землю с одной стороны, оно производит реакции ионизации,



Окрестности Иркутска, вблизи села Пивовариха

диссоциации молекул, то есть закачивает в верхнюю атмосферу химический потенциал и, собственно, создает ионосферу. Когда Земля поворачивается к Солнцу другой стороной, этот химический потенциал начинает реализовываться, уничтожая созданную ионосферу, рекомбинируя ее и генерируя слабое свечение. Если человек в эту устоявшуюся природную систему внесет какой-то дисбаланс (например, взлетит туда на ракете и распылит некоторое химически активное вещество), то произойдет локальная модификация ионосферы — изменение однородности ионосферной плазмы.

Второй способ воздействия на ионосферу — через поглощение мощных коротких радиоволн на частотах плазменных резонансов. Если радиоизлучение, которое обычно отражается от ионосферы, сделать достаточно мощным, то при его отражении электроны ионосферы начнут ускоряться до достаточно больших скоростей. Это вызывает неоднородности ионосферной плазмы, ее искусственное радиоизлучение и искусственное свечение атмосферного воздуха. Однако такое воздействие могут оказывать только специализированные научно-исследовательские установки — нагревные стенды, которых по всему миру насчитывается несколько штук. Неоднородности и прочие явления, появляющиеся при таких модификациях, локальные. Их пространственные размеры ограничены сотней-двумя километрами и не могут влиять на ионосферу и на верхнюю, а тем более нижнюю атмосферу в глобальном масштабе.

— **Способны ли магнитные бури влиять на здоровье и самочувствие человека? Говорят, они могут вызывать заторможенность, головные боли, повышенное давление, бессонницу, боли в суставах. Что правда, а что миф? Насколько вообще изучена эта область?**

— Серьезных свидетельств влияния магнитных бурь на здоровье человека пока нет. В древности солнечная активность людей особо не беспокоила. Конечно, они видели пятна на Солнце, и каждый астролог в меру своей испорченности мог рассказывать правителям про значения этих пятен. По мере развития науки стало известно про магнитные бури, связанные

с пятнами, и почему-то заговорили про их влияние на здоровье. Не знаю, как это произошло. Скорее всего, были выполнены какие-то исследования с предварительными выводами и решением, что такие работы нужно продолжать. И на всякий случай службам, которые ведут мониторинг, выдали рекомендацию сообщать, что повышенная возмущенность магнитного поля, возможно, влияет на метеочувствительных людей. Наверное, так эта информация закрепилась в общественном мнении и стала регулярно сопровождать усиление геомагнитной активности в СМИ.

Конечно, само магнитное поле на живую природу и на организмы определенное влияние оказывает. Например, на него при помощи особенного устройства глазного нерва ориентируются птицы во время перелетов. Однако во время магнитной бури оно меняется всего лишь на один процент, и «датчики» птиц к этим вариациям, скорее всего, нечувствительны. Сегодня исследователи пытаются найти связь между изменением магнитного поля Земли и динамикой нервной или сердечно-сосудистой системы человека. Но на данный момент четкого, стопроцентного научно-медицинского определения такой связи с точки зрения физики я не нашел.

— **Насколько точно на сегодняшний день ученые могут предсказывать вспышки солнечной активности и магнитные бури?**

— Пока человечество не обладает устойчивым способом, позволяющим предсказывать солнечную активность. А вот прогнозировать геомагнитную активность научились уже достаточно хорошо, особенно от момента, как на Солнце произошли какие-то процессы, до того, как эти процессы повлияли на Землю. Относительно точно может быть измерена скорость движения солнечного ветра. Если на Солнце произошел выброс вещества и был зафиксирован какими-то аппаратами (например, спутниками), можно определить, когда он достигнет Земли. Таким образом, приблизительно за день-два вероятно предсказать, что будет геомагнитная буря. В общем доступе есть модели, которые показывают, как движется плазма от Солнца в межпланетном космическом пространстве. Благодаря им информация о приближении магнитной

бури доступна всем желающим. Однако поскольку эта плазма летит по достаточно сложной траектории и может отклониться от изначального курса, нередко в этих прогнозах возникают ошибки.

Существуют также краткосрочные прогнозы. Между Землей и Солнцем, в точке Лагранжа, висит спутник, который гарантированно предупреждает о приближении солнечного ветра за полчаса-час до того, как этот ветер достигнет Земли.

Менее точные прогнозы, но зато на более длительный срок, можно делать благодаря вращению Солнца. Если сегодня на нем есть пятно, которое вызвало мощную геомагнитную бурю, можно сказать, что если это пятно переживет оборот Солнца, то через 20–21 день будет новая вспышка и очередное геомагнитное возмущение.

И как я уже говорил, самые долгосрочные предсказания можно делать благодаря 11-летнему циклу солнечной активности. Так, уже известно, что северные сияния, которые мы наблюдаем в этот раз, достигнут максимума где-то в 2024–2026 году, потом пойдут на спад, а через 7–8 лет практически исчезнут.

— **Какие проекты и исследования в области изучения солнечной и геомагнитной активности сегодня реализует Институт солнечно-земной физики СО РАН?**

— Самый главный наш проект сейчас — Национальный гелиогеофизический комплекс РАН. Первый этап этого объекта уже запущен в эксплуатацию. Он состоит из комплекса оптических инструментов и радиогелиографа. Радиогелиограф исследует верхнюю солнечную атмосферу и позволяет наблюдать, как от Солнца отрывается вещество и летит в сторону Земли. Это уникальная научная установка мирового значения, благодаря которой физика Солнца должна получить хороший прогресс в ближайшее время.

Комплекс оптических инструментов больше связан с процессами, которые происходят на Земле, в ее атмосфере. Он позволяет следить за температурой верхней атмосферы, скоростью ветра, динамикой различных химических компонентов. С помощью оптических инструментов мы уже исследовали мощную геомагнитную бурю, которая была в мае, и у нас появилась новые, достаточно интересные

данные о том, как по-разному на нее откликаются разные химические вещества в верхней атмосфере Земли. Забегая вперед скажу, что новые спектрометры дали нам возможность достаточно хорошо по отдельности рассмотреть, как активизируются компоненты свечения верхней атмосферы, связанные с выпадениями частиц, и компоненты, связанные с увеличением температуры верхней атмосферы. Данные новых узкоспектральных камер позволили собрать некоторую статистику наблюдений специфических форм расширенных сияний. Речь идет о стабильных красных авроральных дугах, характеристики которых могут дать новую информацию о степени искажения магнитосферы и плазмосферы Земли под действием неоднородного солнечного ветра.

Благодаря Национальному гелиогеофизическому комплексу РАН мы приобретем новую информацию о процессах, которые происходят во время геомагнитных бурь, и сможем проверить многие существующие теории и гипотезы. Этот комплекс уникален еще и тем, что мы сможем наблюдать один участок верхней атмосферы Земли одновременно большим количеством устройств разного рода, следящих как за ионизированной, так и за нейтральной компонентами. Получим новый телескоп, который позволит более тщательно изучать строение поверхности Солнца.

Знания, которые мы сможем получать с помощью Национального гелиогеофизического комплекса РАН, важны прежде всего для фундаментальной науки. Для понимания того, как устроена верхняя атмосфера, какие плазменно-химические процессы в ней происходят, как работает Солнце, как возникают и протекают геомагнитные возмущения и сопряженные с ними явления. Эту информацию в будущем можно применить в каких-то конкретных приложениях, например в атмосферной химии, в развитии спутниковых систем связи, навигации, в управлении спутниковыми группировками, а возможно, и во многих других областях.

Беседовала Диана Хомякова
Фото Сергея Сергеева,
Юлии и Валерия Шевцовых
и предоставлено спикером

Физики создали оборудование для ускорения разработки износостойких и жаростойких тонкопленочных материалов

Специалисты Института сильноточной электроники СО РАН совместно с коллегами из Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН создали вакуумно-электронно-ионно-плазменный стенд (ВЭИПС), который позволит в разы снизить срок подобных работ. Стенд установлен на канал синхротронного излучения, и специалисты могут наблюдать *in situ*, как происходит эволюция фазового состава, параметров структуры упрочняющих, антикоррозионных и жаростойких покрытий в ходе их нанесения на материал. Это позволит в режиме реального времени оптимизировать процесс нанесения покрытия.

Предварительные эксперименты по отработке технологии проходят в ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения». Планируется, что в будущем стенд заработает на одной из пользовательских станций ЦКП СКИФ. Стенд создан в рамках Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 годы.

Разработка новых технологий создания и модификации конструкционных и функциональных материалов — довольно длительный процесс. Порой, чтобы получить требуемый комплекс свойств на поверхности конструкционных материалов, предназначенных в том числе для работы в экстремальных условиях, необходимо несколько месяцев и даже лет.

Поверхностная инженерия — одно из перспективных направлений в области материаловедения, направленное на улучшение физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик материалов. Поверхностная инженерия включает множество методов модификации поверхности, в том числе пучково-плазменные. Для того чтобы произошло осаждение упрочняющих и жаростойких пленок или формирование новых соединений на поверхности материала, на нее воздействуют потоками ионов, плазмы, пучками электронов, лазерным излучением и др.

«Методов инженерии поверхности довольно много, — рассказывает ведущий лабораторией пучково-плазменной инженерии поверхности ИСЭ СО РАН кандидат технических наук **Владимир Викторович Денисов**. — В институте мы создаем электроразрядное и плазменное оборудование и разрабатываем технологии, которые позволяют улучшать характеристики материалов. Например, воздействуя на поверхность какой-то детали плазмой, мы можем осадить на нее ионы титана и азота, которые, вступая в химическую реакцию друг с другом, образуют единую кристаллическую решетку и формируют покрытие нитрид титана. Твердость такого металлокерамического покрытия составляет 25 гигапаскалей, что значительно выше этой же характеристики у твердого сплава. В целом все методы направлены на решение одной большой задачи — создание конструкционных материалов, способных работать в экстремальных условиях. Например, одна из деталей газотурбинных двигателей самолетов — лопатка турбины, которых может насчитываться в двигателе несколько сотен, постоянно работает при температурах выше 1000 °С и к тому же в условиях термоциклирования, то есть постоянного и резкого изменения температурного режима. Соответственно, на ее поверхности нужно создавать специальные покрытия. Как и на материалах, используемых в космической, атомной, ядерной отраслях, потому что они непрерывно испытывают воздействие критических температур, кавитационных процессов, химического воздействия, ионизирующего излучения и других экстремальных факторов».



Стенд ВЭИПС в ИЯФ СО РАН

Одна из проблем при создании жаропрочных и упрочняющих покрытий в том, что процесс отработки технологии нанесения зачастую идет вслепую. Физики не могут управлять процессом синтеза различных материалов *in situ*, соответственно, подбор параметров для получения необходимых свойств и общее время разработки технологии может занимать от нескольких месяцев до нескольких лет. Чтобы в разы снизить этот срок, ИСЭ СО РАН совместно с коллегами из ИЯФ СО РАН и еще нескольких российских научных и образовательных организаций создали стенд ВЭИПС, на котором в режиме реального времени можно проводить исследования процессов синтеза покрытий различными методами пучково-плазменной инженерии. Изюминка совместного проекта — в использовании синхротронного излучения.

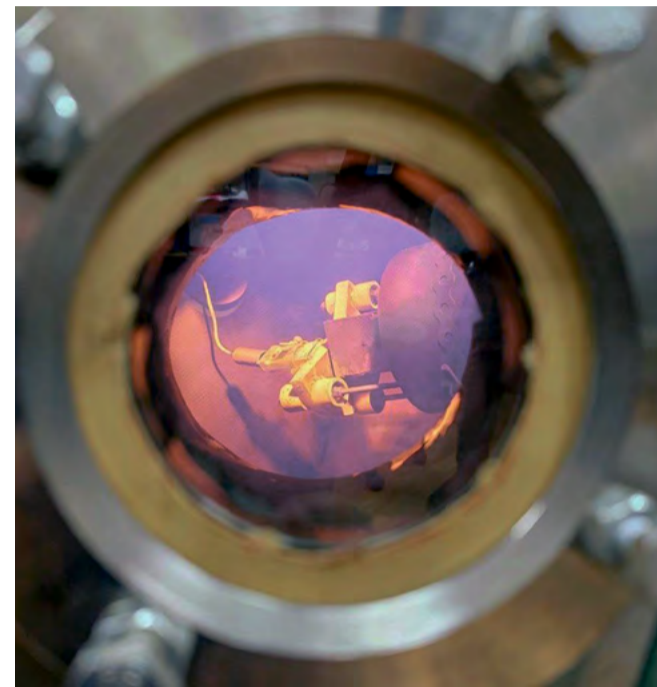
«СИ позволит намкратно снизить время, необходимое для проведения исследований по определению механизмов и закономерностей, которые влияют на процесс синтеза различных материалов, — добавляет Владимир Денисов. — Семь научных групп уже провели ряд экспериментов на стенде ВЭИПС с использованием пучка СИ и продемонстрировали, что мы действительно можем получать всю необходимую информацию о процессе значительно быстрее, чем обычно — всего за пару дней. Например, эксперименты по напылению материалов вакуумно-дуговым методом показали, в какие моменты и как необходимо менять ток разряда, давление и еще пару параметров, чтобы изменить фазовый состав многокомпонентного покрытия. То есть мы продемонстрировали, что оператор, который растит покрытие, может целенаправленно, меняя условия эксперимента, управлять процессом синтеза. Только представьте: для метода электронно-пучковой модификации вам нужно реализовать 20 технологических шагов процесса, и после каждого шага вы видите изменение фазового состава и параметров структуры формируемого поверхностного сплава. Без СИ это просто невозможно».

Первые эксперименты со стендом ВЭИПС проводились на пользовательских

станциях «Прецизионная дифрактометрия и аномальное рассеяние» и «Прецизионная дифрактометрия — 2» ЦКП СЦСТИ. Здесь свои эксперименты проверили научные группы из пяти лабораторий Института сильноточной электроники, лаборатории пучков частиц Института электрофизики УрО РАН, кафедры технологии машиностроения Уфимского университета науки и технологий, лаборатории физики упрочнения поверхности Института физики прочности и материаловедения СО РАН.

«ИСЭ СО РАН имеет богатый опыт разработки технологий нанесения, — рассказывает ведущий научный сотрудник ЦКП СКИФ, инженер первой категории ИЯФ СО РАН доктор физико-математических наук **Александр Николаевич Шмаков**. — Но когда наши коллеги работают в обычных своих условиях, они не могут в режиме реального времени диагностировать, как при тех или иных методах и параметрах нанесения растёт пленка, какие кристаллические фазы формируются, появились ли микронапряжения, достигнута ли хорошая адгезия с поверхностью. Изучение нанесенных покрытий происходит на лабораторных дифрактометрах постфактум, когда процесс нанесения уже завершен. *In situ* его можно увидеть при помощи синхротронного излучения. Мы это делаем на наших экспериментальных станциях, получая информацию о фазовом составе, фазовых переходах, химических превращениях, структурных изменениях и прочем, что интересует пользователя».

По словам Владимира Денисова, с основной частью задач проекта коллаборация ученых справилась. «Мы разработали и создали стенд ВЭИПС, объединили его с источником СИ ЦКП СЦСТИ и, собрав широкий круг пользователей, экспериментально подтвердили эффективность его работы. Скоро будет запущен ЦКП СКИФ, и у нас есть год, чтобы усовершенствовать стенд и реализованные на нем методики, запустить программное обеспечение для автоматизированной обработки получаемых экспериментальных данных», — добавляет Владимир Денисов.



Свечение аргоновой плазмы разряда низкого давления

Разработка и создание стенда ВЭИПС выполнена в ходе комплекса мероприятий по созданию инфраструктуры для развития синхротронных и нейтронных исследований на территории России как часть научно-исследовательского проекта, реализуемого в рамках Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 годы. Помимо создания установки, проект включает в себя комплекс научных мероприятий, подготовку кадров в области синхротронных и нейтронных исследований в РФ и привлечение научных групп к исследованиям с использованием синхротронного излучения. Главным исполнителем является ИСЭ СО РАН, соисполнителями выступают ИЯФ СО РАН, Томский политехнический университет, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Институт электрофизики УрО РАН, Уфимский университет науки и технологий и предприятие авиационной отрасли НПА «Технопарк-АТ» (Уфа).

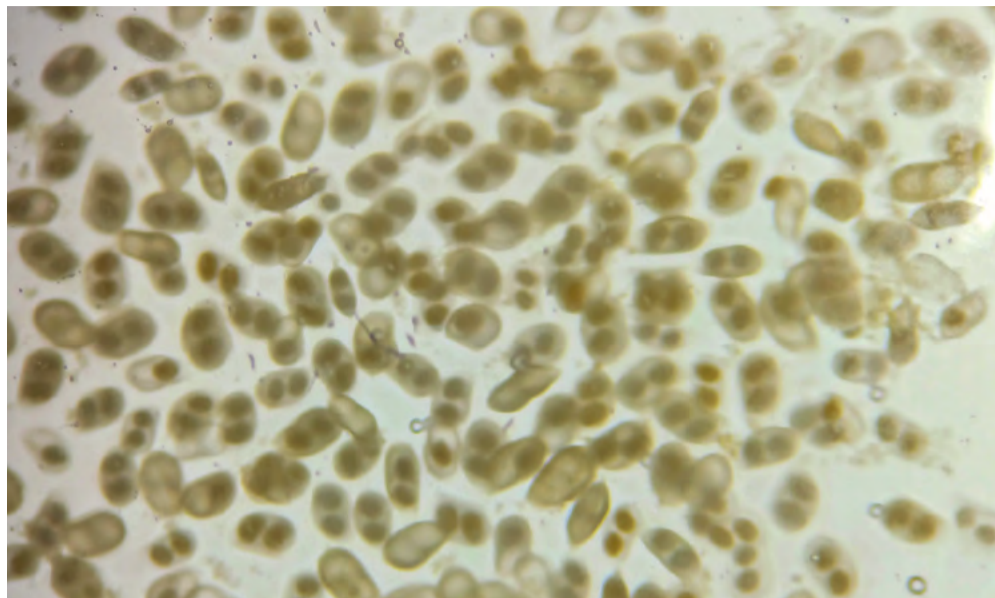
Центр коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» — источник синхротронного излучения поколения 4+. Установка сооружается в Новосибирской области в рамках национального проекта «Наука и университеты» и во исполнение указа президента России от 25 июля 2019 года. Заказчиком и застройщиком ЦКП СКИФ выступает ФИЦ «Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН». Проектирует объект Центральный проектно-технологический институт (АО «ЦПТИ», входит в топливную компанию Росатома «ТВЭЛ»). Генеральным подрядчиком выступает «Концерн Титан-2», входящий в структуру Росатома. Единственный исполнитель по изготовлению и запуску технологически сложного оборудования для ЦКП СКИФ — Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. Завершение строительно-монтажных и пусконаладочных работ по всем объектам ЦКП СКИФ намечено на декабрь 2024 года.

Засоление воды угрожает выживанию планктонных рачков

Красноярские ученые обнаружили негативное влияние повышенной солености на планктонных рачков. Исследование показало, что соленость не влияет на успешность вылупления их покоящихся яиц, но снижает выживаемость и репродуктивные способности родившихся из них рачков. Таким образом, увеличение солености снижает количество покоящихся яиц зоопланктона, которые важны для естественного возобновления природных популяций. Результаты исследования опубликованы в журнале *Aquatic Ecology*.

Засоление пресной воды — глобальная экологическая проблема, связанная с повышением концентрации солей в водных экосистемах. Зачастую это результат антропогенного воздействия, включая добычу природных ресурсов, сельское хозяйство и использование антигололедных реагентов на дорогах. Соли проникают в близлежащие водоемы через грунтовые воды и стоки, что негативно влияет на экосистемы, качество воды и биоразнообразие. Повышенная соленость оказывает влияние на все звенья водной экосистемы, в том числе на планктонных рачков, которые важны для самоочищения воды и служат кормом для рыб.

Чаще всего развитие популяций планктонных рачков в северных широтах циклично. Летом для них типично быстрое размножение, когда самочки каждые несколько дней рожают живых потомков. К осени они меняют стратегию размножения и образуют покоящиеся яйца в защитной хитиновой капсуле. В ней находится эмбрион на ранних стадиях развития в заторможенном состоянии. Весной из яиц вылупляются молодые рачки, и популяция повторяет цикл сезонного развития. Такие яйца устойчивы к различным неблагоприятным условиям, к которым



Яйца рачков *Moina macroscopa*

относится повышение солености воды. Считается, что накопившиеся на дне водоема запасы покоящихся яиц — это своеобразная страховка от вымирания. Они позволяют рачкам восстановиться после нормализации условий.

Ученые ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» вместе с коллегами оценили влияние повышенной солености и возраста покоящихся яиц на выживаемость и плодовитость самок одного из широко распространенных видов планктонных рачков — *Moina macroscopa*. В эксперименте использовались уровни засоления воды, не выходящие за критические значения для выживания животных и вылупления покоящихся яиц.

Специалисты отметили существенную разницу в интенсивности вылупления покоящихся яиц разного возраста. Из более старых, четырехлетних яиц рождалось меньше особей, чем из более свежих, однолетних. Исследователи пришли к выводу, что запасы старых яиц имеют меньшее значение для восстановления популяции рачков. При этом использованные в экспе-

риментах уровни солености не влияли на успех вылупления покоящихся яиц.

Однако соленость отражалась на выживаемости вылупившихся рачков. При солености 3,5 грамма на литр выживаемость животных резко снижалась как для молодых, так и для старых яиц. Самки, вылупившиеся в условиях повышенной солености, имели более короткую продолжительность жизни, сниженную скорость роста, производили меньше кладок и потомков.

«Мы предполагаем, что эмбрион чувствителен к действию повышенной солености на ранней стадии развития. Фактор стресса — соленость, присутствующий при вылуплении самок, влияет на жизненный цикл рачков. Самки живут в два раза меньше и производят меньше потомства. Еще одним важным результатом является то, что мы продемонстрировали разницу в успешности вылупления покоящихся яиц разного возраста. К тому же самки из старых яиц более чувствительны к солености. Наши результаты ставят под сомнение часто предполагаемую способ-



Т. С. Лопатина

ность банков покоящихся яиц обеспечивать выживание природных популяций рачков при временном засолении водоема и последующем восстановлении качества воды. При небольшой солености из покоящихся яиц рачки всё еще вылупляются, однако живут и размножаются существенно хуже, чем в пресной воде. В результате запасы покоящихся яиц истощаются. Это может оказаться критичным для сохранения биоразнообразия в условиях глобальной тенденции засоления природных экосистем», — пояснила научный сотрудник Института биофизики СО РАН кандидат биологических наук **Татьяна Сергеевна Лопатина**.

В исследовании также принимали участие специалисты Государственного природного заповедника «Хакасский». Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда и Красноярского краевого фонда науки.

Группа научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН
Фото Анастасии Тамаровской

Сибирские ученые открыли новые перспективы в терапии атеросклероза

Ученые из ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» получили новые данные о влиянии генетических нарушений, вызывающих семейную гиперхолестеринемию, на организм пациента. Сотрудники лаборатории эпигенетики развития ФИЦ ИЦиГ СО РАН, используя клеточные модели, показали, что дефекты гена рецепторов липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), связанные с семейной гиперхолестеринемией (СГХС), приводят к нарушениям работы не только клеток печени (как было известно ранее), но и кровеносных сосудов. Результаты исследования опубликованы в *International Journal of Molecular Sciences*.

Семейная гиперхолестеринемия — это наследственное заболевание, при котором генетическое повреждение является причиной высокого уровня холестерина крови, что, в свою очередь, проявляется в развитии атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний. В 85–90 % это заболевание связано с нарушениями в работе гена рецепторов ЛПНП, которые в гетерозиготной форме присутствуют приблизительно у одного из трехсот человек. Таким образом, речь идет об очень большом количестве людей, оказывающихся в группе риска развития этой наследственной патологии.

Ее изучением на протяжении ряда лет в рамках проектов, поддержанных грантами Российского научного фонда, занимаются сотрудники лаборатории эпигенетики развития совместно с коллегами из НИИ медицинской генетики Томского национального исследовательского медицинского центра РАН и Московского национального исследовательского медицинского центра кардиологии им. ака. Е. И. Чазова Министерства здравоохранения Российской Федерации. Как и в случае с рядом других заболеваний, исследования проводят с помощью клеточных моделей, полученных из индуцированных плюрипотентных стволовых клеток реальных пациентов, что открывает перед учеными новые возможности.

Ранее было известно, что нарушения в гене рецепторов ЛПНП сказываются на работе клеток печени — гепатоцитов, которые перестают улавливать холестерин в нужных объемах, он копится в кровеносной системе. Это приводит к образованию атеросклеротических бляшек, а те, в свою очередь, вызывают повреждения внутреннего слоя кровеносных сосудов, состоящего из эндотелиальных клеток.

«Мы стали первыми, кто изучал влияние нарушений гена рецепторов ЛПНП на сами эндотелиальные клетки. С помощью клеточной модели пациента мы смогли узнать, что происходит с этими клетками,

даже если они не вступали в контакт с атеросклеротической бляшкой, сравнили их с аналогичными клетками здоровых людей. И доказали, что нарушения в работе гена рецепторов ЛПНП сами по себе негативно влияют на клетки сосудов», — рассказала старший научный сотрудник ФИЦ ИЦиГ СО РАН кандидат биологических наук **Ирина Сергеевна Захарова**.

Результаты исследований, проведенных на клеточных моделях, помимо расширения знаний о механизмах развития распространенного наследственного заболевания имеют и очевидное прикладное значение.

Во-первых, они подтверждают преимущества, которые дают такие клеточные модели в подборе эффективных средств терапии для лечения СГХС. Это актуальная проблема, поскольку не более 3–6 % пациентов с гетерозиготной формой заболевания в результате лечения показывают восстановление до нормальных показателей холестерина. Улучшить статистику можно с помощью подбора лекарств с учетом класса нарушений в гене (сегодня их выделено пять), а в идеале — индивидуальных особенностей пациента. Как минимум, выбирая новые цели для терапии, необходимо учитывать выявленное влияние нарушения на сами клетки сосудов, но встает вопрос, как осуществить этот подбор. «Животные, в силу различий в метаболизме, плохо под-

ходят для испытаний лекарственных препаратов. Есть свои недостатки и у клеточных моделей, где нарушения в работе гена были созданы искусственно. Наши модели, созданные из клеток реальных пациентов, дают более релевантные результаты, являясь действенным инструментом развития персонализированной медицины», — объяснила Ирина Захарова.

Во-вторых, проводя дальнейшие исследования эндотелиальных клеток больных СГХС, ученые ФИЦ ИЦиГ СО РАН показали, что с помощью CRISPR/Cas-опосредованных методов их можно отредактировать и восстановить функциональность клеток до нормы.

Работы по клиническому применению геномного редактирования для лечения пациентов с СГХС уже ведутся за рубежом. В конце прошлого года было объявлено о начале клинических испытаний препарата, исправляющего нарушения в другом гене пациента. Правда, в отличие от гена рецепторов ЛПНП, он отвечает только за 1–2 % случаев заболевания. Тем не менее, по оценке Ирины Захаровой, объединение опыта создания подобных препаратов с имеющимися результатами исследований ученых из ФИЦ ИЦиГ СО РАН откроет хорошие перспективы для дальнейшего развития терапии атеросклероза.

Пресс-служба ФИЦ ИЦиГ СО РАН

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-uchyopomu> 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

Как интерактивная стимуляция мозга помогает восстановлению после инсульта?

Исследователи из лаборатории «МРТ технологии» Института «Международный томографический центр» СО РАН под руководством члена-корреспондента РАН Андрея Александровича Тулупова совместно с ФИЦ фундаментальной и трансляционной медицины под руководством академика Марка Борисовича Штарка изучают технологию интерактивной стимуляции мозга. Она позволит пациенту самостоятельно контролировать и изменять активность головного мозга, чтобы вернуться в доинсультное состояние, восстановить умственные, сенсорные или моторные функции.

По экспертным оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), инсульт занимает второе место в мире среди причин смертности. Он возникает в результате разрыва или закупорки сосуда, из-за чего нарушается кровоснабжение головного мозга.

Реабилитацию после инсульта проводит врач-реабилитолог. Благодаря двигательным упражнениям, сенсорной стимуляции, анатомической и физиологической пластичности мозга во многих случаях пациент может вернуться в прежнее, доинсультное, состояние. Однако такой подход часто оказывается недостаточно эффективным: хорошо восстанавливаются не более 20 % пациентов, а 33–60 % остаются инвалидами.

Интерактивная стимуляция объединяет электрофизиологические и гемодинамические показатели. Это экспериментальная модель нейробиоуправления, которая реализуется с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) и электроэнцефалографии (ЭЭГ). Функциональная томография (фМРТ) отличается от МРТ тем, что сфокусирована не на анатомии мозга, а на его функциональных возможностях. Она показывает, какие зоны откликаются на разные воздействия, например движение руки, когнитивные события, визуальное восприятие. Активность этих зон можно соотносить с физиологическим состоянием пациента.

«В простейшем варианте фМРТ выглядит так — мы объясняем пациенту задачу, которую нужно выполнить. Он 30 секунд работает (например, сжимает ладонь в кулак), 30 — отдыхает, и так несколько циклов. В итоге мы видим, чем отличается время работы от времени отдыха по мощности сигнала МРТ. Это можно картировать, привязывать к анатомическому изображению и работать, как с изображением активности мозга», — рассказал старший научный сотрудник лаборатории «МРТ технологии» МТЦ СО РАН кандидат физико-математических наук **Андрей Александрович Савелов**.

В фМРТ в качестве обратной связи используется внутрисосудистый трассер, сигнал, который зависит от уровня насыщения крови кислородом (BOLD-эффект — blood oxygenation level dependent). Нейронам, как и другим клеткам организма, необходимо питание, которое они получают через кислород и глюкозу. Гемоглобин переносит кислород, оксигемоглобин прибывает к месту активности, где кислород высвобождается и преобразуется из диамагнитного оксигемоглобина в парамагнитный дезоксигемоглобин, который обладает другими магнитными свойствами. Снижение оксигенации крови приводит к увеличению контрастности МРТ-изображения мозга в активных зонах. В итоге исследователи видят соотношение двух форм гемоглобина, изменения магнитных характеристик крови и МРТ-сигнала.



«Технология интерактивной стимуляции отличается от классической реабилитации тем, что пациент принимает активное участие в своем восстановлении. Мы помещаем его в томограф, где в реальном времени регистрируется гемодинамическая активность (BOLD-эффект). Помимо этого, надеваем пациенту электроэнцефалографический шлем, с помощью которого определяем электрическую активность мозга. Эти два параметра мы объединяем. В итоге пациент видит некий образ того, что происходит у него в голове, мы называем это метафорой. Видя ее, он вырабатывает собственную тактику управления активностью нужных зон. В момент выполнения задания BOLD-сигнал возвращает субъекту информацию о его текущей мозговой активности почти в режиме реального времени (задержка отклика 4–6 секунд). Так, на протяжении 6–12 месяцев, в течение нескольких фМРТ сеансов, пациент учится контролировать и перестраивать работу мозга, управлять зонами, которые перехватили ответственность за движение пострадавших конечностей», — отметил Андрей Савелов.

По его словам, результат работы технологии в большей степени зависит от мотивации человека. «У нас был пациент, который очень хорошо восстановился. Когда только обратился к нам, то ходил

с палочкой, рука и нога плохо работали. К концу курса, примерно через год, он настолько восстановился, что смог даже снова играть на гитаре», — сказал ученый.

Помимо реабилитации после инсульта, интерактивная стимуляция мозга эффективна для всего, что связано с недостаточной или избыточной активностью разных зон мозга, например для лечения депрессии, зависимостей. Технологию используют и для здоровых людей, есть исследования, направленные на изучение поведения в стрессовых ситуациях, распознавание эмоций.

«Сейчас мы работаем над проектом, посвященным посттравматическим стрессовым расстройствам (ПТСР). Кроме того, пытаемся восстановить сигнал, который получают с помощью дорогого и сложного метода фМРТ, из сигнала более доступного электроэнцефалографа. Его гораздо проще реализовать и поставить в обычной поликлинике для более широкого применения технологии. Сейчас эта идея только в планах, однако, если она воплотится, можно будет использовать ее более широко, тренировать гемодинамику человека, используя электрические сигналы», — прокомментировал Андрей Савелов.

Полина Щербакова

Фото предоставлено исследователем