



Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издаётся с 1961 года • 11 июля 2019 года • № 27 (3188) • 12+

Опустить Солнце на Землю: что делают сибирские ученые для ИТЭР



66 Человечество купается в термоядерной энергии, только она к нам приходит извне — от Солнца. Ветровая, углеводородная, гидроэнергетика — все они существуют благодаря нашему светилу.

99

Новости

Сибирские ученые готовят предложения по исследованию катализаторов для промышленности Татарстана

ФИЦ «Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН» совместно с министерством науки и инновационной политики НСО готовит предложения в области развития каталитических технологий для дорожной карты в рамках соглашения между Новосибирской областью и Республикой Татарстан.

Речь идет, в первую очередь, о сотрудничестве в рамках проекта «Центр коллективного пользования “Опытное производство катализаторов”» (ЦКП ОПК), который входит в программу развития Новосибирского научного центра «Академгородок 2.0» и направлен на ускорение внедрения новых катализаторов и каталитических технологий в промышленность.

В настоящее время в России нет современной опытной базы, позволяющей отрабатывать технологии синтеза новых

катализаторов в условиях, моделирующих реальное производство, но есть научный задел мирового уровня в области разработки эффективных катализаторов. Инновации в области катализаторного производства представляют серьезный интерес для промышленных предприятий Татарстана.

По словам заместителя директора ИК СО РАН Александра Степановича Носкова, сотрудничество в области катализаторных технологий между Институтом катализа СО РАН и промышленными организациями Республики Татарстан развивается активно: «В настоящее время у института заключен договор с компанией ПАО “Татнефть” на выполнение НИОКР по окислительной технологии снижения содержания серы в тяжелой нефти. На стадии согласования еще два проекта в области использования возобновляемого сырья при про-

изводстве моторных топлив и октаноповышающих добавок. С компанией АО “ТАНЕКО” ведутся переговоры по работе над катализаторами получения зимних и арктических дизельных топлив и масел».

Соглашение на 2019–2021 годы о торгово-экономическом, научно-техническом, социальном и культурном сотрудничестве подписали 9 июня губернатор Новосибирской области Андрей Александрович Травников и президент Республики Татарстан Рустам Нургалиевич Минниханов. Регионы планируют совместную работу в сферах инвестиций, господдержки малого и среднего бизнеса, исследований в интересах нефтяной отрасли, подготовки кадров для республики, развития судостроения, обмена опытом в здравоохранении и культуре.

Пресс-служба ИК СО РАН

Новости

В ИНГГ СО РАН оценили опасность вулкана Стромболи

Ученые Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН принимают участие в исследовании вулкана Стромболи, извержение которого произошло 3 июля. Новосибирские специалисты ведут эту работу вместе с коллегами из Национального института геофизики и вулканологии Италии.

В изучении вулкана участвовал заместитель директора ИНГГ СО РАН, заведующий лабораторией сейсмической томографии член-корреспондент РАН Иван Юрьевич Кулаков.

Диаметр вулканического острова Стромболи, расположенного в Тирренском море к северу от Сицилии, всего около 4 км. Он образовался из-за того, что в этом месте Африканская тектоническая плита погружается под Европейскую плиту. На острове есть три деревни, где проживают несколько сотен человек — их дома находятся в двух километрах от эпицентра извержения.

На острове есть склон, который называется Sciarra del Fuoco («Поток огня»). Туда падают раскаленные камни, лавовые потоки и другой материал, образующийся в ходе извержений. Периодически происходит коллапс — из-за нагрузки большие куски породы сползают в море. Это приводит к образованию сильных цунами. Последняя такая волна, затопившая остров на 10 метров, возникла в 2002 году.

«Вулкан Стромболи представляет серьезную опасность», — подчеркивает Иван Кулаков. — Его активность может привести к сильным цунами, которые затронут не только сам остров Стромболи и близлежащие островки, но также север Сицилии и запад Италии».

Ученый полагает, что существование магматических каналов в течение длительного времени приводит к разогреву и частичному плавлению окружающих пород. Если в какой-то момент давление в магматической камере вулкана уменьшится, это может привести к тому, что вес вышележащих пород станет сжимать и склеивать стенки подводящих каналов. Обратный канал в этом месте восстановиться не может, поскольку в горячем пластичном материале трещины образоваться не способны. Магма попытается найти другие пути выхода и сформировать трещины в более холодных хрупких породах. Когда они образуются, и новая магма под большим давлением достигает поверхности, происходит сильное извержение.

Итальянские коллеги предоставят ученым ИНГГ СО РАН полные записи сейсмических данных за несколько дней до извержения, случившегося 3 июля, и специалисты смогут построить модель строения вулкана непосредственно перед взрывом.

Пресс-служба ИНГГ СО РАН

Производительность инъекционного комплекса ИЯФ СО РАН выросла на порядок

Для работы коллайдеров ВЭПП-4 и ВЭПП-2000 Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН необходимо постоянное производство электронов и позитронов. С 2015 года поставщик этих частиц для обеих машин — инъекционный комплекс ВЭПП-5. На старте своей работы он производил 800 миллионов позитронов в секунду, а в результате комплексной модернизации удалось достичь показателя в 10 миллиардов позитронов.

Производство электронов и позитронов начинается с формирования интенсивного электронного пучка. По словам младшего научного сотрудника ИЯФ СО РАН **Данилы Алексеевича Никифорова**, для этого необходим катод — маленькая «таблеточка», которая разогревается до 1 200 градусов и затем с помощью высокового напряжения оттуда извлекаются электроны (около 200 миллиардов в секунду). Затем пучок ускоряется, и при ударе в специальную позитронную мишень появляются позитроны. Дальше происходит их доускорение, накопление в специальном кольце, где пучок позитронов приобретает качества, необходимые для дальнейшей транспортировки к потребителям — коллайдерам ВЭПП-4 и ВЭПП-2000.

«Этот цикл должен повторяться многократно, 24 часа в сутки, для этого нужна стабильная работа инъекционного комплекса. Сейчас мы вышли на расчетные параметры, работаем в крейсерском режиме», — подчеркивает **Данила Никифоров**.

Инъекционный комплекс работает круглосуточно, сотрудники ИЯФ СО РАН контролируют его посменно по 12 часов. Два человека — начальник и дежурный смены отвечают за бесперебойную подачу пучков, а в случае нештатных ситуаций, например, скачков напряжения, в ручном режиме включают каждую систему.

«До модернизации оператору приходилось следить за большим количеством программ, это очень сложно, сейчас почти всё автоматизировано и специалисту нужно контролировать только три-четыре параметра. Это упрощает процесс управления сменой потребителя: поскольку у нас два коллайдера и один источник, мы должны разделять время, что непросто. Все процессы быстропротекающие, мы оперируем не секундами или часами, а пико- (10^{12} секунды) и наносекундами (10^9 секунды). Автоматизация функционирования всех систем позволила увеличить набор статистики на коллайдерах. В сравнении с 2014 годом, когда только запускался этот комплекс, такой показатель, как интеграл светимости на ВЭПП-2000, мы увеличили в три раза. Это существенно помогает в обработке данных тем, кто работает на детекторах», — комментирует **Данила Никифоров**.

Однако для функционирования коллайдера Супер С-тау фабрика, планируемого к реализации в рамках программы «Академгородок 2.0», нужна в десять раз большая производительность. Это станет возможным благодаря дальнейшей модернизации инъекционного комплекса или строительству нового.

Соб. инф.

Российские ученые: не стоит бояться пересадки фекальной микробиоты

По словам академика **Вадима Марковича Говоруна** (Институт биологической химии РАН), риск осложнений при трансплантации фекальной микробиоты составляет менее 0,001 %. Однако необходимо тщательно контролировать метагеном донорского материала и оценивать иммунный статус пациента.

Такую процедуру, как трансплантация фекальной микробиоты (ТФМ), применяют в случаях тяжелых нарушений кишечного микробиома — например, при псевдомембранозном колите, который возникает в результате долгой терапии мощными антибиотиками. Однако недавно в США после такой операции впервые скончался пациент — его ослабленный иммунитет не справился с устойчивыми к антибиотикам бактериями, доставшими ему с новой микрофлорой. Заражение получил также другой человек, которому пересадили материал от инфицированного донора. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США FDA потребовало временно остановить все эксперименты с пересадкой кишечной микробиоты до выяснения причин.

В ходе расследования выяснилось: в обоих случаях пациенты вместе с кишечной флорой доноров получили штамм кишечной палочки, производящий бета-лактамазу. Этот фермент разрушает антибиотики не только пенициллинового ряда, но и препараты следующего поколения — цефалоспорины. Кроме того, свою роль сыграл ослабленный иммунитет пациента.

«В Российской Федерации смертельные осложнения после такой рутинной операции, как удаление аппендикса, составляют 1,5 %. Несмотря на то, что такие операции проводятся уже очень давно, год от года эту цифру никак не удается преодолеть. Если же посчитать все опубликованные протоколы по трансплантации кала, то риск развития осложнений, включая летальный исход, — менее 0,001 %», — рассказал руководитель лаборатории протеомики Института биологической химии им. ак. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН (Москва) академик **Вадим Маркович Говорун** в ходе своего пленарного доклада на мультikonференции «Биотехнология — медицине будущего», прошедшей в Новосибирске.

По словам ученого, эту операцию ни в коем случае нельзя запрещать, поскольку в некоторых случаях, например при острых лейкозах, когда иммунная система не может справиться с сепсисом, а антибиотики уже не работают, ТФМ является практически безальтернативным способом спасения пациента. Однако необходимы тщательный контроль метагенома донорского материала и оценка иммунного статуса реципиента.

«То есть это вопрос контекста. С одной стороны, если мы делаем какую-то процедуру, увлекшись ею безмерно, то можем навредить. С другой стороны, если мы детально разбираем все риски, которые существуют у пациента, и приближаемся к пониманию патогенеза, мы имеем очень большие шансы помочь человеку», — сказал исследователь.

Соб. инф.

Археолог перевела на русский язык детскую книгу о междисциплинарном подходе

Ученые из Новосибирска перевели на русский язык детскую раскраску по археологии — уникальный проект Института изучения истории человека Общества Макса Планка. Это пока единственная детская книга, посвященная междисциплинарному подходу в археологической науке.

«У этой книги-раскраски под названием “Путешествие в мир археологии” нет аналогов. Особенность ее заключается в теме — Archaeological Science. У термина есть перевод «археометрия», но в России чаще всего используют “междисциплинарный подход”. Archaeological Science — это применение методов генетики, физики и химии при изучении археологических находок. Сюда относятся исследования древней ДНК, бактерий, изотопов и так далее. Это молодое направление активно развивается и приносит порой удивительные результаты. Книга показывает, в чем польза археологии и как она меняет наши знания о прошлом людей», — рассказала одна из руководителей Научно-образовательного центра Новосибирского государственного университета «Новая археология», автор русского перевода кандидат исторических наук **Светлана Владимировна Шнайдер**.

По ее словам, автор книги — профессор Института изучения истории человека Общества Макса Планка доктор **Кристина Варринер** — сделала первые наброски книги для своей маленькой дочери. Раскраска переведена уже более чем на 20 языков. Несмотря на то, что издание рассчитано на детей, книга будет интересна и взрослым, отмечает **Светлана Шнайдер**.

Проект вдохновил специалистов НГУ и Института археологии и этнографии СО РАН на создание детской книги о сибирской археологии. «Мы начали работу над ней под руководством научного сотрудника ИАЭТ СО РАН **Арины Михайловны Хаценович**. Мы хотим рассказать о сибирской археологии, о тех значимых находках, которые перевернули наше представление о древнейшем прошлом человечества», — отметил врио директора ИАЭТ СО РАН доктор исторических наук **Андрей Иннокентьевич Кривошапкин**.

С переводом на русский **Светлана Шнайдер** помогали заведующий лабораторией органической оптоэлектроники НГУ **Евгений Алексеевич Мостович**, старший преподаватель НГУ **Мария Владимировна Дурова** и старший научный сотрудник Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова **Реджеп Нурмурадovich Курбанов**.

НОЦ «Новая археология»

Сибирские ученые разработают новые методы оценки экологического риска

Специалисты Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН и Новосибирского НИИ гигиены Роспотребнадзора будут вместе работать над новыми методами оценки экологических рисков и их последствий для здоровья человека и окружающей среды, что позволит совершенствовать законодательные нормы в области экологии.

Роспотребнадзор осуществляет мониторинг экологической ситуации и проводит периодические проверки предприятий, оценивая, какую опасность их выбросы представляют для здоровья людей. Специалисты полагают, что существующие методики расчета уровня риска нуждаются в серьезной доработке. Со стороны ИНГГ СО РАН инициаторами совместных исследований выступили директор института доктор технических наук **Игорь Николаевич Ельцов** и заведующая лабораторией геоэлектрoхимии доктор геолого-минералогических наук **Светлана Борисовна Бортникова**.

По словам заведующей Центром экономики недропользования нефти и газа ИНГГ СО РАН доктора экономических наук **Ирины Викторовны Филимоновой**, практическим результатом совместной работы

станут новые законодательные нормы по оценке экологического риска для здоровья населения и окружающей среды.

«Коллег из НИИ гигиены заинтересовали наши методы экономической оценки экологического ущерба, — говорит **Ирина Филимонова**. — В основном мы занимаемся эколого-экономической оценкой ущерба, который может быть нанесен окружающей среде — атмосфере, почве, воде. Однако наши методы универсальны, и их можно использовать для моделирования риска для здоровья человека.

Как утверждают эксперты, подобная работа сейчас проводится в ведущих странах мира. «Многие государства, включая Россию, уже взяли курс на экологизацию и проводят политику на улучшение экологической обстановки, — отмечает **Ирина Филимонова**. — С этой же целью Россия в 2015 году подписала Парижское соглашение по борьбе с глобальным изменением климата, регулирующие меры по снижению углекислого газа в атмосфере с 2020 года».

Ученые уверены, что выработка новых законодательных норм позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в России и поспособствует реализации нашей собственной стратегии экологизации.

Пресс-служба ИНГГ СО РАН

Пока не поздно вернуть чистоту

Ведущие ученые-химики предлагают серьезные обновления в экологической политике России: создать специальный президентский совет и национальный фонд, учредить специальные конкурсы и премии, а также сформировать особую научно-техническую программу для городов Сибири.



Обманчиво бесконечная и нетронутая, Сибирь веками и десятилетиями подвергалась нарастающей антропогенной нагрузке, особенно в эпоху индустриализации и интенсивной добычи природных ресурсов. Что же тогда говорить об остальной России? Неудивительно, что экология стала одной из ключевых тематик указа президента РФ от 7 мая 2018 года.

Чтобы эффективно решить поставленные в этом документе задачи, требуется кардинальная перестройка государственных и общественных институтов экологического профиля. В настоящее время вопросами окружающей среды занимается множество органов разной принадлежности и уровня: Министерство природных ресурсов и экологии РФ и его структуры, технологическая платформа «Технология экологического развития», Русское географическое общество, Общероссийское экологическое движение «Зеленая Россия», региональные организации и т.д. и т.п. Есть немало советов по экологии, которые либо решают сиюминутные и локальные задачи, либо просто неработоспособны. К примеру, Научно-технический совет при Минприроды РФ насчитывает свыше 150 человек. При такой численности он вряд ли пригоден к оперативной работе и формированию ответственных рекомендаций.

Ряд других экологических органов нацелены не на стратегические общероссийские приоритеты, а на то, что «здесь и рядом», с оглядкой на интересы конкретных заказчиков из власти и бизнеса. В результате мы наблюдаем такие тревожные явления, как дестабилизация экосистемы Байкала, загрязнение воздуха крупных городов и земной поверхности вокруг них, сокращение лесных угодий и биоразнообразия и, напротив, рост нарушенных территорий. При этом в стране отсутствует долговременная, научно обоснованная стратегия формирования технологий природосбережения и устойчивого экологического развития.

По-видимому, назрела необходимость создания единого федерального органа самого высокого уровня для стратегического планирования и коор-

динации деятельности различных структур в области защиты окружающей среды. Таким органом мог бы стать Совет при Президенте России по экологии — подобный существующему Совету по науке и образованию. Новый орган мог бы осуществлять следующие функции:

1. Анализ приоритетов в области экологии и государственной политики в этой сфере.

2. Решение задач формирования технологий экологического развития.

3. Рекомендации по законодательному обеспечению экологической деятельности всех уровней и видов.

4. Общественная экологическая деятельность (образование, просвещение, социальные проекты и т.п.).

Создание президентского Совета по экологии не отменяет необходимости коллегиального органа при Минприроды РФ. Однако функции и формат этого органа следует видоизменить, перенацелив прежде всего на решение поставленных вышестоящим Советом научно-технических задач. Совет при Минприроды должен состоять из представителей не только этого ведомства, но и Министерства науки и высшего образования РФ, Российской академии наук, университетов, региональной власти — общей численностью не более 25–30 человек, с привлечением (при необходимости) сторонних экспертов. При этом же министерстве следовало бы учредить Фонд технологий экологического развития: понятно, что средств государственного бюджета для реализации стратегий и программ может не хватать, и такой фонд стал бы площадкой для отработки механизмов частно-государственного партнерства.

Проблемы обеспечения благоприятной для жизни среды могут быть решены только в атмосфере сознательной общественной поддержки государственных и негосударственных инициатив. Нужно формировать понимание, с одной стороны, необходимости ограничений антропогенного воздействия на окружающую среду, с другой стороны — систематического совершенствования технологий: как использующих природные ресур-

сы, так и нацеленных на их сохранение и восстановление. Следовательно, требуется развитие просветительской деятельности в России, сегодня явно недостаточная. К примеру, данные опросов ВЦИОМ указывают, что около 70 % населения нашей страны не знают о существовании естественной радиации — при том, что в США уровень неосведомленности по этому вопросу находится в рамках 6–8 %. Поэтому мы считаем необходимым сосредоточиться на следующих направлениях:

- обучение основам экологического мышления через личное здоровье и здоровье детей. Издание серий научно-популярных книг и открытие интернет-изданий о методах борьбы с загрязнениями общественного и личного пространства для аудиторий разного возраста и уровня образования;

- организация федерального конкурса «Экологические лидеры России»;

- учреждение частно-государственной премии «Экология России» (с привлечением, как и для организации конкурса, крупнейших компаний с государственным участием);

- учреждение специальной премии «Молодежь за зеленую Россию» с номинациями:

- просветительская деятельность;

- научные основы нормирования антропогенного воздействия на окружающую среду;

- биоразнообразие;

- инженерные проблемы экологии.

Всё, предложенное нами выше, видится элементами единой общероссийской программы действий — комплексной и долговременной. Однако она должна базироваться на решении конкретных проблем регионального и макрорегионального уровней. Мы считаем, что начинать следует с мониторинга, аналитики и планирования на уровне федеральных округов. Как и во многих других ситуациях, пилотной площадкой может стать СФО. Здесь много экологических проблем, весьма разнообразных — по природе, остроте, масштабу. Но одна из них неслучайно выделена в майском указе 2018 года: из 12 упомянутых в нем городов с неблагоприят-

ным состоянием атмосферы ровно половина приходится на Сибирь — в том числе региональные центры Красноярск и Омск. В одном из сибирских городов — Норильске — выбросы в атмосферу диоксида серы (SO_2) достигают порядка 2 000 000 тонн в год, что составляет 1/3 всех загрязнений SO_2 промышленностью России! Поэтому целесообразно формирование специальной научно-технологической программы «Экология городов Сибири».

Эта программа видится площадкой для отработки важных механизмов взаимодействия различных структур: как в плане частно-государственного партнерства, так и в создании и реализации комплексных во всех отношениях проектов. Точкой отсчета могло бы стать организационное совещание при полномочном представителе Президента РФ в СФО с участием представителей экологически неблагополучных регионов и муниципалитетов, РАН и Минприроды РФ, других заинтересованных структур. Затем — создание рабочей (во всех смыслах слова) группы для анализа состояния атмосферы самых загрязненных сибирских городов и применимости существующих и перспективных природоохранных технологий, дальше — формирование программы «Экология городов Сибири», ее экспертиза, согласование и запуск.

«Путь в тысячу ли начинается с первого шага» — говорят в Японии. Эта страна достигла впечатляющих результатов в сохранении окружающей среды и создании соответствующих технологий. Россия должна двигаться в этом направлении более энергично и организованно — пока не поздно вернуть ее гражданам чистую среду обитания.

Академик РАН Валентин Пармон, вице-президент РАН, председатель Сибирского отделения РАН; доктор технических наук Александр Носков, заместитель директора Федерального исследовательского центра «Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН».
Фото Юлии Поздняковой и Андрея Соболевского

Опустить Солнце на Землю: что делают сибирские ученые для создания термоядерного реактора ИТЭР

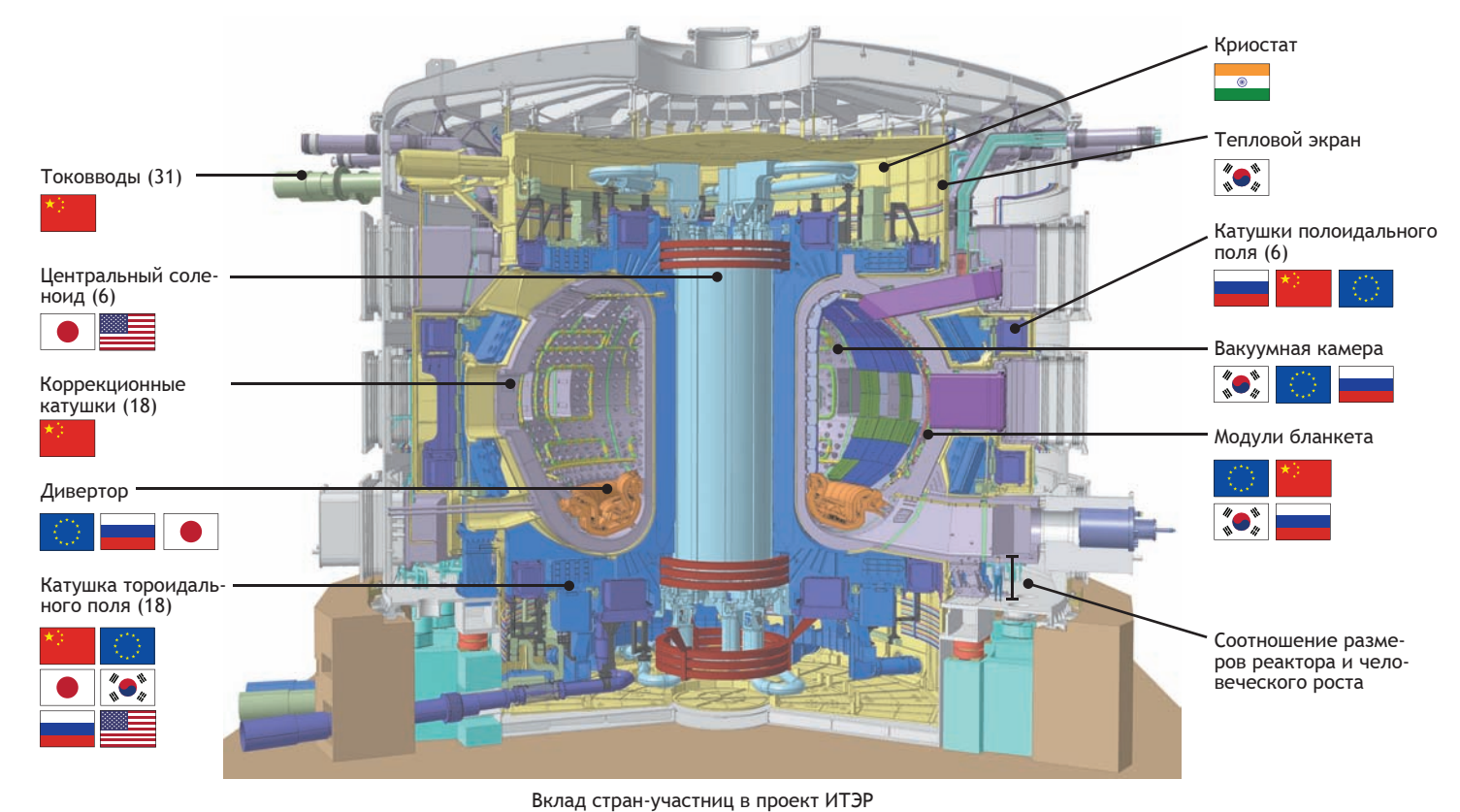
Зажечь звезду в лаборатории, чтобы в перспективе получить неисчерпаемый источник энергии, выгодно для всего человечества. Именно такую цель преследуют 35 стран, объединившись для создания термоядерного реактора ИТЭР. О том, на какой стадии этот проект, что делают для его реализации ученые нашего государства и, в частности, специалисты Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, рассказал директор учреждения Госкорпорации «Росатом» «Проектный центр ИТЭР» доктор физико-математических наук Анатолий Витальевич Красильников.



Анатолий
Витальевич
Красильников

История ИТЭР (ITER — International Thermonuclear Experimental Reactor, Международный термоядерный экспериментальный реактор. — Прим. ред.) начинается с 1985 года, когда Советский Союз предложил совместно строить установку токамак, используя наработки по исследованиям управляемого термоядерного синтеза ученых европейских государств, США, Японии и СССР. Через год эти страны подписали соглашение о проектировании крупнейшей международной термоядерной установки ИТЭР. Фаза концептуального проектирования началась в 1988 году и продолжалась два года. Затем стороны приступили к техническому проектированию и в 2005 году выбрали место для строительства реактора — в 60 км от Марселя (Франция) на территории исследовательского центра Кадараш. В 2017 году установка была построена наполовину, а в 2019 планируется достичь отметки в 70 % выполненных работ по возведению зданий. Высота сооружения — 73 м, из которых 60 м находятся под землей. Термоядерная реакция, которую запустят в ИТЭР, — это слияние изотопов водорода (дейтерия и трития), в результате чего рождаются ядра гелия, нейтроны и 17,6 мегаэлектрон вольт энергии.

— На самом деле, человечество купается в термоядерной энергии, только она к нам приходит извне — от Солнца. Ветровая, углеводородная, гидроэнергетика — все они существуют благодаря нашему светилу. На нем протекают реакции синтеза ядер легких элементов, в результате выделяется кинетическая энергия (тепло), и образуются более тяжелые ядра. Но для того, чтобы два положительно заряженных ядра преодолели силы кулоновского отталкивания, они должны двигаться навстречу друг другу с огромной скоростью, что возможно только в очень горячей среде. Если говорить образно, создавая термоядерный реактор ИТЭР, физики и инженеры решили зажечь Солнце на Земле, причем повысив его температуру в пять раз, до 250–300 000 000 °С. Термоядерные реакции протекают в плазме (это ионизированный газ, состоящий из заряженных частиц, как правило, электронов и ионов, взаимодействующих между собой через электрические поля. — Прим. ред.), в звездах она удерживается в определенном объеме благодаря силам гравитации, а в ИТЭР — магнитным полем с помощью специальной конструкции токамак, изобретенной советскими физиками в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова в 1951 году. Токамак расширяется как тороидальная камера с магнитными катушками, в нем плазма свернута в бублик, на него «надеты» магнитные катушки. Результирующее магнитное поле, состоящее из поля, которое генерирует сам бублик, а также то-



Вклад стран-участниц в проект ИТЭР

роидальные и полоидальные катушки удерживают плазму. Первоочередная задача, которую решает проект, — сформировать на Земле такое плазменное образование, в котором термоядерной энергии будет производиться существенно больше, чем требуется для его создания.

— Когда ИТЭР начнет работу?

— В 2025 году запланирован пуск реактора, мы получим первую плазму и начнем ее удерживать от 100 миллисекунд до нескольких секунд. Чтобы проиллюстрировать сложность систем, которые это будут обеспечивать, достаточно представить, что на оси плазменного бублика — температура 250–300 000 000 °С, а на расстоянии трех метров от нее — 268 °С ниже нуля. Там находится сверхпроводящая магнитная конструкция из ниобий-три-олова и ниобий-титана. При повышении температуры даже на два градуса эти материалы перестанут обладать нужными свойствами, и огромный ток, который по ним идет, выделится в виде тепла, а это приведет к остановке всей машины.

— Как решается задача сосуществования температур в несколько сотен миллионов градусов и почти абсолютного нуля (-273 °С)?

— Плазма испускает потоки тепла и нейтронов, и перед инженерами стоит задача не пропустить их к сверхпроводнику. Для этого создана специальная защитная конструкция толщиной в один метр, она состоит из 40-сантиметровых модулей blankets (от англ. *blanket* — одеяло. — Прим. ред.) и 60-сантиметровой вакуумной камеры. Передняя часть модуля blankets, называемая первой стенкой, обращена к плазме и состо-

ит из металла с высокой теплопроводностью — бериллия, он напаян на нержавеющую сталь, пронизанную каналами с водой, чтобы снимать поток тепла. 40 % этой стенки делает предприятие Росатома Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова. Это же учреждение отвечает за изготовление дивертора — фрагмента первой стенки, принимающего на себя максимальный поток тепла из плазмы. Дивертор сделан из тугоплавкого металла вольфрама. Поскольку в реакции участвует тритий, а это радиоактивный элемент, очень важно, чтобы он не накапливался в материале, поэтому выбрали вольфрам и бериллий, которые слабо сорбируют тритий. Последний, отражаясь от них, возвращается внутрь ловушки.

— Как будет производиться горючее для термоядерной реакции: дейтерий и тритий?

— Доступность топлива — одно из преимуществ термоядерной энергетики. Дейтерий — стабильный изотоп водорода (в ядре у него один протон и один нейтрон), широко распространенный в природе газ. Его можно получать из природных вод, максимальные количества дейтерия содержатся в Мировом океане. Если месторождения урана или углеводородов рассредоточены по планете неоднородно и часто становятся предметом конфликтов между странами, то дейтерий распределен более равномерно. Доступ к нему будут иметь государства, развивающие науку и технологии, а не методы захвата чужих территорий. Тот же принцип касается и трития, который производится при облучении лития нейтронами. Тритий слабо радиоактивен, с ним очень

легко обходиться, для его изоляции достаточно контейнера с толстой стенкой почти из любого материала.

Второе преимущество термоядерной энергетики в том, что в результате реакции рождаются две частицы: нейтрон и альфа-частица с энергией 3,5 МэВ, которая остывает и становится холодным стабильным гелием. Нейтроны — радиоактивны. Но распространение этого излучения ограничено околосплазменным пространством. Поэтому на ИТЭР абсолютно исключена авария, при которой может произойти радиоактивное заражение местности, в отличие от, к сожалению, имевших место катаклизмов на атомных электростанциях.

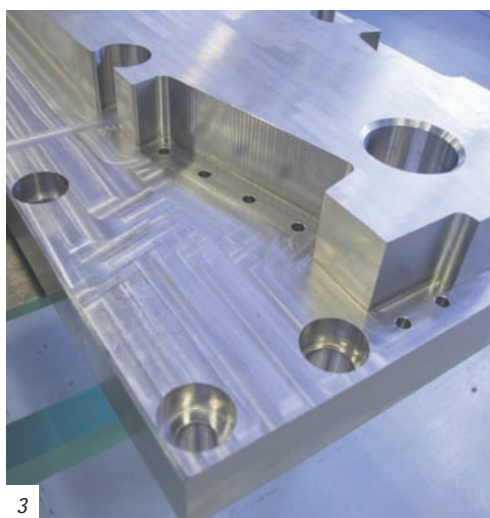
— Экологичность — налицо, а как обстоит дело с эффективностью? Когда можно будет, к примеру, освещать улицы благодаря работе термоядерного реактора?

— Сегодня мы только создаем систему, ее оптимизация и повышение эффективности — следующая цель после запуска и отладки. В 2025 году первую плазму получат из водорода, а эксперименты с дейтерий-тритиевой смесью начнутся через десять лет. Можно сравнить реактор с велосипедом: ученым, создавшим его, потребуется время, чтобы научиться ездить и достичь мастерства велогонщика.

Проектная величина термоядерной мощности ИТЭР (планируемая к 2035 году) — 500 МВт, а мощность, требуемая для нагрева плазмы, — 50–70 МВт. То есть выделяться энергии будет примерно в десять раз больше, чем тратиться. Но это лишь решение первой части проблемы. Вторая: преобразование энергии в удобную для человечества форму перед ИТЭР



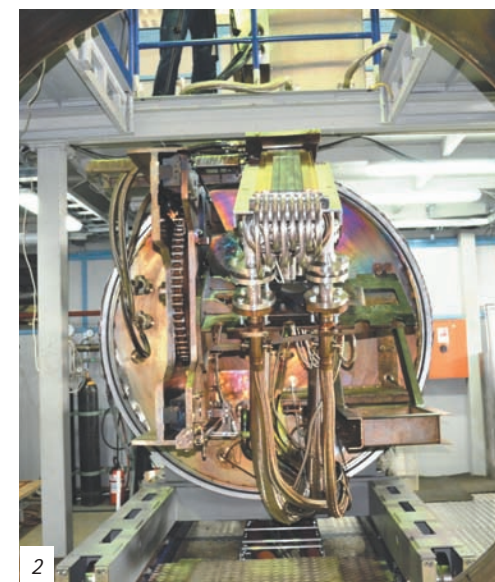
1. ИТЭР в июне 2019 года.
2. Тестирование компонентов дивертора с помощью инжектора электронов мощностью 800 киловатт в НИИЭФА им. Д.В. Ефремова. Дивертор подвергается тепловым нагрузкам, аналогичным тем, что будут в реакторе.



3



4



2

3. Одна из деталей макета порт-плаги для ИТЭР.
4. Семь флагов участников ИТЭР и восьмой флаг — самой организации.

не ставится, его цель показать, что произвести термоядерную энергию в десять раз больше затраченной — технически выполнимо. Конечно, мы будем повышать эффективность, это возможно, поскольку источники топлива практически неисчерпаемы. На самом деле, уже после первого пуска ИТЭР будет производить столько тепла, что его вполне хватит для обогрева всего исследовательского центра Кадараш.

— **Каков вклад России в процентном соотношении в стоимость всего проекта?** — Индия, Китай, Корея, Россия, США, Япония вносят каждая по 9,09 %, Европейский союз — 45,46 %. Научные результаты принадлежат всем странам в равной степени. 9/10 вложений в ИТЭР — это производство оборудования, компонентов, входящих в реактор. Россия делает 25 систем, две из них мы уже закончили и поставили в полном объеме. Это сверхпроводящие конструкции из ниобий-три-олова и ниобий-титана. Проводились сравнительные тесты, в результате которых выяснилось, что наши изделия лучше, чем у других партнеров. Сверхпроводники делает кооперация предприятий: Высокотехнологический НИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара, Топливная компания «ТВЭЛ» Госкорпорации «Росатом», Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Одиннадцать из оставшихся 23 систем — диагностические. В их создании участвует НИЦ «Курчатовский институт», Троицкий институт инновационных термоядерных исследований, Физико-тех-

нический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, ИЯФ СО РАН, само домашнее агентство («Проектный центр ИТЭР» создает три диагностики), «УТС-Центр» несколько других организаций.

Еще Россия поставляет восемь гиротронов — систем для нагрева плазмы в области электронного циклотронного резонанса, также их можно применять для генерации электрического тока в плазме. Принцип их работы — в разогреве электронов высокочастотным излучением, которые затем отдают тепло всей остальной плазме. Изобретатель и лидер этого направления — Институт прикладной физики РАН (Нижний Новгород). Специалисты ИПФ РАН и АО «ГИКОМ» уже сделали первые три гиротрона. Их испытали, и они показали параметры выше требований ИТЭР.

— **Какие системы делает ИЯФ СО РАН, кроме диагностических?**

— Этот институт очень активно присоединился к проекту пять лет назад. Его основной вклад — производство порт-плагов. Как я уже говорил, вокруг плазмы метровая защита, а в ней есть порты в вакуумной камере — своеобразные окна, через которые диагностические системы «смотрят» на плазму и измеряют ее параметры. С одной стороны, окно позволяет получать информацию о температуре, плотности и других характеристиках плазмы, а с другой — через это отверстие летят нейтроны, поступает тепло, поэтому нужна защита. Порт-плаг, если переводить с английского дословно, — «пробка в порту». Ее функция — остановить поток частиц из плазмы, но при этом пропустить через себя каналы диагностических (например, высокочастотных)

методов. Также сквозь эти окна можно вводить энергию в плазму для нагрева. Четыре таких порт-плаги изготавливаются в ИЯФ СО РАН. Кроме того, институт участвует в создании вертикальной нейтронной камеры, диверторного монитора потока нейтронов, который позволяет оценить плотность и количество нейтронов, поступающих из плазмы. Специалисты ИЯФ СО РАН делают электронику для томсоновского рассеяния лазерного излучения, которое дает информацию о плотности и температуре электронов, — то есть в конечном итоге о температуре плазмы. Томсоновское рассеяние — один из самых сложных методов исследования плазмы: мы светим лазером, это излучение взаимодействует с плазмой, рассеивается, а затем, по спектру выходящего из плазмы излучения, можно определить плотность и температуру электронов.

Порт-плаги размещаются в патрубках — трубках, соединяющих внутреннюю тороидальную камеру с криостатом. Все верхние патрубки производятся под контролем НИИЭФА им. Д. В. Ефремова, этот же институт делает катушку ПФ1 для создания полоидального магнитного поля (с его помощью контролируют положение плазмы в камере). Российское предприятие АО «Криогенмаш» создает все установки для испытания порт-плагов.

— **Соблюдается ли график строительства здания ИТЭР и сдачи систем странами-партнерами?**

— Россия выполняет свои обязательства строго по графику. Генеральный директор ИТЭР Бернар Биго часто приводит нас в пример как в том, что касается качества работ, так и в своевременности выполнения обязательств перед проектом. Когда у вас есть настолько большая между-

народная кооперация из 35 стран, очень важно делать вовремя свою часть, зачет производится всегда по последнему, поэтому нужно быть в голове колонны, чтобы вся вереница двигалась быстрее.

Отставание от запланированного графика действительно есть, но оно связано прежде всего с тем, что ИТЭР — абсолютно новая конструкция, и она постоянно совершенствуется. Когда строится стандартный объект, даже атомная электростанция, есть проект, согласно которому ее возводят: приходят рабочие и заливают бетон.

У нас другая ситуация: план строительства, конечно, есть, но он «живой»: по мере его реализации участники обнаруживают, что какую-то часть нужно улучшить, например одно из отверстий сделать другим. Если происходит постоянная модернизация, это значит, что строители простаивают и не льют бетон, в результате сооружение здания задержалось почти на десять лет. Еще один фактор отставания — то, что каждый элемент ИТЭР — вершина развития человеческой мысли. Когда весь комплекс состоит из таких пиков, которые подрастают с каждым годом (появляются новые открытия, технические решения), временные интервалы соблюсти очень трудно. Поэтому главная причина увеличения сроков, как это ни парадоксально, — постоянный прогресс.

Надежда Дмитриева
Фото: © ITER Organization, iter.org,
А. Судникова, Н. Дмитриевой;
иллюстрация: А. Голышевой
на основе изображения
© ITER Organization, iter.org

ФОТОРЕПОРТАЖ

Как устроен SPF-виварий

Одной из базовых площадок Центра генетических технологий, который планируется создать в рамках нацпроекта «Наука» и программы «Академгородок 2.0», должен стать SPF-виварий ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН».



Сотрудник криобанка запускает процесс программируемого замораживания эмбрионов мышей и крыс, полученных как с помощью селекции, так и методом трансгенеза. Эмбрионы могут храниться при температуре -196 °С бесконечно.



SPF — Specific Pathogen Free — международный стандарт, который означает, что животные не имеют видоспецифических патогенов. Это необходимо, чтобы на современном уровне проводить опыты, испытывать потенциальные лекарства. В виварии три блока, где содержатся лабораторные животные: разведения, изучения и передержки для томографических исследований.

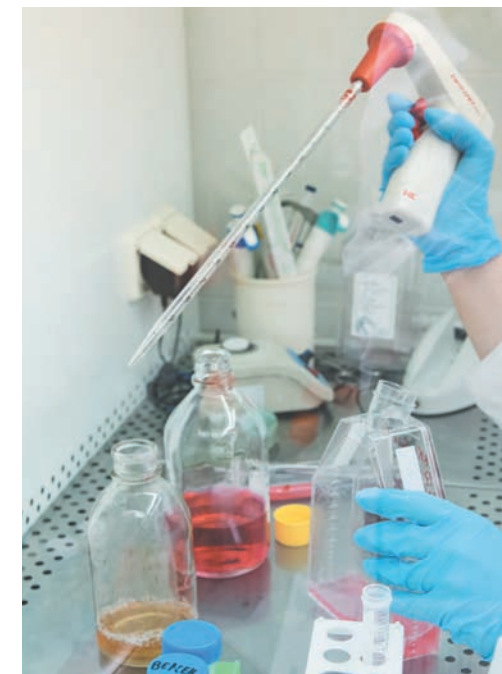
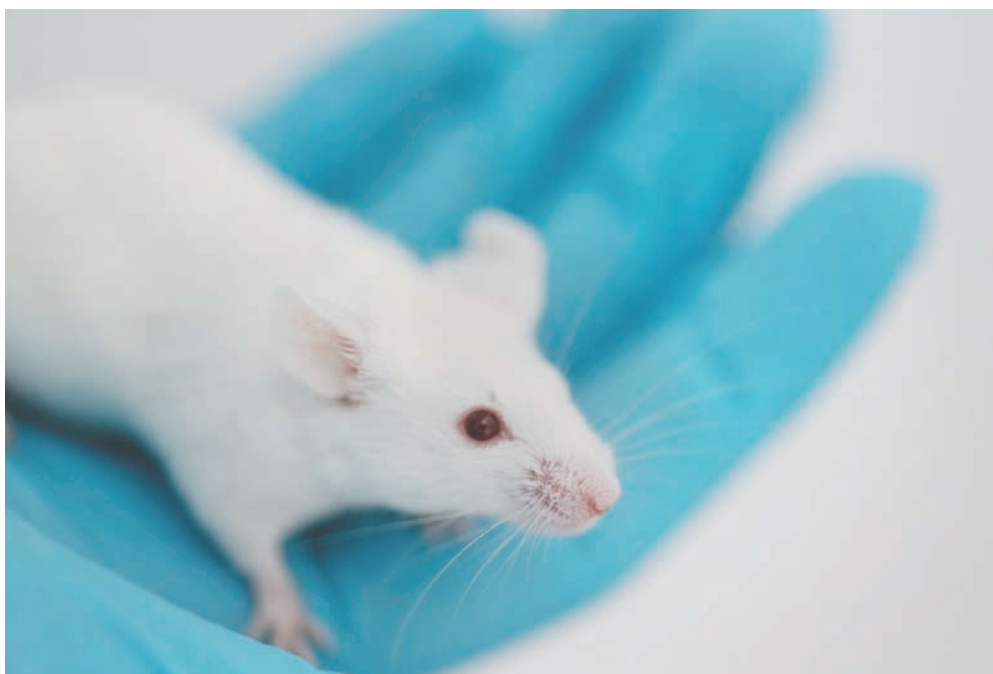
Работами занимаются в барьерных помещениях блока разведения, надежно защищенных от проникновения инфекций. Здесь поддерживаются особая температура, влажность и давление воздуха, а ученые работают в специальной стерильной одежде, предварительно приняв обеззараживающий душ в санпропускнике.

Для выноса материалов из барьерных помещений служит специальный коридор. Внутри каждой стерильной комнаты есть шлюз, выходящий сюда. В него ставят пустые клетки, хирургические инструменты, мусор. Чтобы передавать материалы внутрь, есть отдельный шлюз, запирающийся на ключ. Красная пленка на стеклах шлюзов защищает барьерные помещения от проникновения света из коридора (красный свет мыши воспринимают как темноту), что необходимо для экспериментов.

Выставленные в коридор материалы отправляются на утилизацию либо на очистку в моечно-стерилизационный блок. Здесь же стерилизуют корм и клетки в автоклаве и затем передают их в барьерные помещения через камеру для дезинфекции — собственную разработку вивария.

В микробиологическом боксе культивируют опухолевые клетки. Инженер использует культуральный флакон («матрас») с питательной средой — площадку для роста клеток. Чтобы получить модели той или иной раковой опухоли человека, нужно от трех до десяти миллионов клеток, которые вводят в организм лабораторной мыши.

Идеальными объектами для работы с опухолями являются голые (лишенные волосяного покрова) мыши линии SCID Hairless Outbred Mouse, у которых развивается тяжелый иммунодефицит. В результате эти животные практически лишены Т- и В-лимфоцитов, поэтому у них легко приживаются клетки опухолей человека. Мыши-альбиносы линии NODSCID тоже относятся к иммунодефицитным. На этих зверьках изучают возможности терапии рака, а также механизмы развития диабета.





В криобанке хранятся эмбрионы практически всех линий крыс и мышей, которые разводят в виварии, в том числе уникальные, полученные здесь; а кроме того, эмбрионы и гаметы мохноногих хомячков (джунгарского и Кэмпбелла), красной рыси, домашнего и амурского котят. Штативы с эмбрионами держат в дьюарах — сосудах с жидким азотом. Это выгоднее, чем содержать большое количество животных. Когда нужна определенная линия животных, эмбрионы достают и получают потомство.

Инженер SPF-вивария проводит *in vitro* фертилизацию, то есть искусственное оплодотворение, мышей и крыс разных линий, получает эмбрионы и закладывает их в жидкий азот, пополняя коллекцию в криобанке.



Требуемые для работы вивария условия обеспечивают технические этажи. Здесь расположены парогенераторы, поддерживающие 40–60-процентную влажность, а также системы подачи воздуха, которые подогревают и фильтруют его. В барьерные помещения подается воздух с повышенным на 30 Па давлением. Перепад давления препятствует проникновению в них патогенов.

В виварии находится сверхвысокопольный магнитно-резонансный томограф BioSpec — уникальное для России оборудование. Это самый мощный в стране томограф для работы с мелкими лабораторными животными. Его используют в своих экспериментах сотрудники многих институтов СО РАН.

Текст и фото
Александры Федосеевой

Кристалл будущего

В Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН ученые работают с необычным материалом — диоксидом ванадия, который может изменить будущее электроники и вычислительной техники. Этот материал переходит из диэлектрического в металлическое состояние и обратно за сверхмалые времена. Благодаря таким свойствам возможно трансформировать «архитектуру вычислений», что позволит увеличить скорость «мышления» вычислительных машин.

Диоксид ванадия проявляет уникальные свойства. При воздействии на него светом, теплом, электричеством и так далее происходит обратимый фазовый переход, то есть из диэлектрика он становится металлом. При этом такой переход может происходить за 10^{-13} секунд. А число переключений состояния в наноразмерных кристаллах уже значительно превышает 10^{10} раз.

Изучением свойств диоксида ванадия и формированием уникальных наноприборов на его основе занимаются в лаборатории физики и технологии трехмерных наноструктур ИФП СО РАН. Это направление было задано несколько лет назад профессором, доктором физико-математических наук Виктором Яковлевичем Принцем.

Для приборов на основе диоксида ванадия нужна очень маленькая структура этого материала — монокристалл размером около 80 нанометров и меньше, потому что именно в таком виде вещество проявляет свои лучшие свойства. Однако работать с одиночным элементом не так просто. Для практических применений необходимо иметь упорядоченный массив таких кристаллов, что никому в мире еще не удавалось сделать. В обычных условиях кристаллы растут на подложке хаотично, и составить их в упорядоченную последовательность невозможно. Поэтому, чтобы вырастить массив упорядоченных наноразмерных монокристаллов, в лаборатории применили новый метод — штамповую наноимпринт-томографию, которая работает по принципу оттиска. С ее помощью ученые могут упорядоченно выращивать диоксид ванадия по заданной схеме.

«В чистой комнате мы брали штамп с наноразмерными выступами и кремниевую подложку, на которую нанесен специальный резист — защитный материал. Комната должна быть абсолютно чистой, потому что даже малейшая пылинка может сделать брак при отпечатке», — рассказывает научный сотрудник ИФП СО РАН Сергей Владимирович Мутилин. — На штампе есть специальный рисунок из решеточек и квадратиков нанометровых размеров, который мы отпечатываем на подложке. Рисунок зависит от того, что нам нужно получить. После его нанесения мы формируем трехмерную поверхность подложки с помощью травления кремния через полученную маску резиста. В результате на подложке получаются нановыступы — места для роста будущих кристаллов. Так мы избавляемся от хаотичного образования элементов, потому что монокристаллы диоксида ванадия начинают расти по рисунку, который мы отпечатали с помощью штампа».

Ученым требовался именно наноразмерный монокристалл диоксида ванадия, потому что только он обладает нужным качеством для дальнейшей работы. Из-за такой малой величины и чистого состава этот кристалл является прочным: чем больше его размер, тем больше вероятность того, что в его структуре будет брак, и он разрушится от внешнего воздействия. Нужную кристаллическую

структуру этого вещества получить достаточно сложно, поэтому лаборатория сотрудничает с Институтом неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, где происходит сам процесс выращивания монокристаллов.

Ванадий был открыт два раза: в 1801 году профессором минералогии из Мехико Андресом Мануэлем Дель Рио и в 1830 году шведским химиком Нильсом Сефстрёмом. Новому элементу дали название в честь скандинавской богини любви и красоты Ванадис.

«Когда наши монокристаллы выросли, мы начали их изучать и доказали, что, действительно, это — практически бездефектные монокристаллы, и, кроме диоксида ванадия нужной нам фазы, там ничего больше нет. У него замечательные свойства и его уже можно брать и применять», — рассказывает Сергей Мутилин. Результат работы ученых попал на обложку американского научного журнала AppliedPhysicsLetters за 23 июля 2018.

Диоксид ванадия можно использовать в инфракрасных фотодетекторах, которые по-другому называются болометрами. В них находится матрица, которая позволяет человеку смотреть распределение тепла в окружающей среде. Такие приборы нужны для ориентации в пространстве: например, для солнечных батарей, для измерения температуры чего-либо на расстоянии, в военной промышленности и так далее. Элементы матрицы этих устройств состоят из полупроводников. Проводники, которые используются сейчас, требуют постоянного охлаждения жидким азотом. Диоксид ванадия же охлаждать не нужно, этот элемент работает при комнатной температуре и имеет высокую чувствительность.

«Для развития нужен прогресс в вычислительных мощностях компьютеров: в плане нарастания объемов памяти, скорости вычисления и снижения энергопотребления. У диоксида ванадия есть все шансы, чтобы потеснить традиционный кремниевый транзистор», — говорит Сергей Мутилин. — За счет особого взаимодействия электронов в нем, диоксид ванадия очень быстро меняет свои свойства и при этом потребляет очень мало энергии, в отличие от обычных транзисторов. Более того, сейчас ученые рассматривают внедрение новой архитектуры чипа, где основным элементом выступает диоксид ванадия, основанного на принципах работы человеческого мозга».

Однако о внедрении говорить пока рано, потому как разработки проходят начальный этап. «Когда мы сможем рассказать про свойства этих кристаллов больше, тогда, конечно, и интерес возрастет. После выхода нашей статьи в журнале нам стали писать исследователи из различных стран с предложениями о сотрудничестве», — отмечает С. Мутилин.

Подготовили студентки ГИ НГУ
Анастасия Фадеева и Мария Михайлова

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), а также газету мож-
но найти в НГУ, НГПУ, НГТУ, литератур-
ном магазине «КапиталЪ» (ул. Максима
Горького, 78) и Сибирском территори-
альном управлении Министерства нау-
ки и высшего образования РФ (Морской
пр., 2, 2-й этаж).

Адрес редакции:
Россия, 630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, 17.
Тел./факс: 330-81-58; 238-34-37.

Мнение редакции может
не совпадать
с мнением авторов

При перепечатке материалов
ссылка на «НвС» обязательна

Отпечатано в типографии
АО «Советская Сибирь»:
630048, г. Новосибирск,
ул. Немировича-Данченко, 104.

Подписано к печати: 10.07.2019 г.
Объем: 2 п.л. Тираж: 2 000 экз.
Стоимость рекламы: 70 руб. за кв. см.
Периодичность выхода газеты —
раз в неделю.

Рег. № 484 в Мининформпечати
России, ISSN 2542-050X.
Подписной индекс 53012
в каталоге «Пресса России»:
подписка-2019, 2-е полугодие.
E-mail: presse@sb-ras.ru,
media@sb-ras.ru

© «Наука в Сибири», 2019 г.

ВАКАНСИЯ

В команду «Науки в Сибири» требуется
дизайнер-верстальщик. Мы ищем чело-
века, который хотел бы улучшать и раз-
вивать вместе с нами газету, чтобы воз-
никло желание взять ее в руки и читать.
Также у нас есть ряд задач по визуальной
части: создание иллюстраций, оформ-
ление лонгридов и фоторепортажей,
возможность поработать над обликом
интернет-версии.

Что нужно уметь: работать в Adobe
InDesign (включая верстку таблиц),
Adobe Photoshop (подготовка фото к пе-
чати, минимальная постобработка). обя-
зателен опыт верстки любого издания,
представленного на рынке. Из личных
качеств необходимо внимание к дета-
лям, обязательность и способность к бы-
строму обучению. Желательно знание
Adobe Illustrator или CorelDRAW (созда-
ние схем, коллажей для иллюстраций
материалов).

Условия: первое время работа по сроч-
ному договору, в перспективе — полная
занятость и официальное трудоустрой-
ство в соответствии с ТК РФ. Можно рабо-
тать как в редакции, так и удаленно.

По всем вопросам обращаться в редак-
цию: тел./факс 330-81-58; 238-34-37;
e-mail: presse@sb-ras.ru, media@sb-ras.



По этой ссылке
вы можете
перейти на сайт
«Науки в Сибири»
www.sbras.info

Из Мексики в Англию: путь обсидианового зеркала

Международная группа ученых, куда вошел сотрудник Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН доктор географических наук Ярослав Всеволодович Кузьмин, исследовала обсидиановое зеркало из Британского музея. В результате специалисты уточнили, что при его изготовлении использо-
валось сырье из коренного источника в Мексике.

Считается, что артефакт принадлежал известнейшему в Англии времен королевы Елизаветы I ученому и «магу» Джону Ди. С помощью зеркал практи-
ки оккультизма пытались вызвать духов и ангелов; такая деятельность была ши-
роко распространена в позднесредне-
вековой Европе.

«Это зеркало является уникальным не только потому, что им владела известная при дворе тюдоровской королевы персона, но также из-за необычно-
го материала — обсидиана, — комментирует Ярослав Кузьмин. — Считалось, что источником горной породы, из которой сделан артефакт, является Мексика, но никаких научных анализов ранее не проводилось. В мире известно всего 16 зеркал из отполированного обсидиана (три из них находятся в Британском музее), и все они когда-то принадлежали элите государства ацтеков (современная Мексика), завоеванного испанцами в начале XVI века».

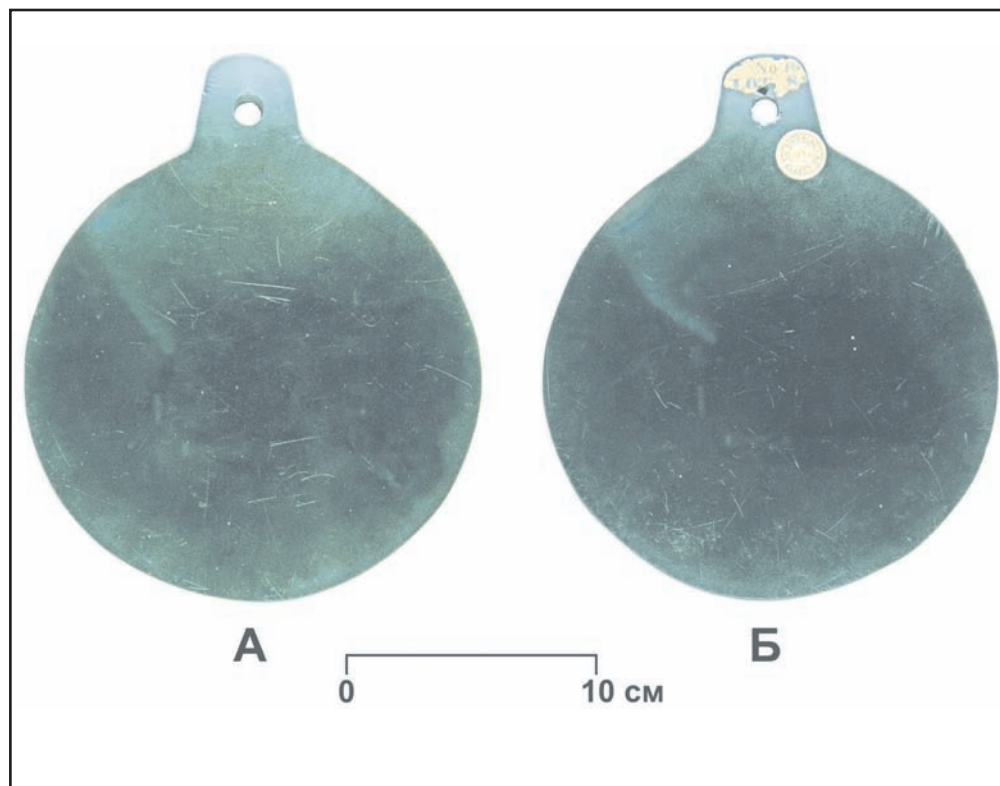
На конференции, посвященной обсидиану, которая прошла в 2016 году на острове Липари, один из исследователей усомнился в мексиканском происхождении зеркала и предположил, что блок обсидиана мог быть получен из источника, находящегося именно на Липари.

«Хотя среди местного сырья трудно найти кусок подходящего размера (диаметр зеркала — 18,5 см, толщина — 1,3 см, вес — 882 г), у меня возникла мысль: нужно попробовать проделать геохимический анализ этого предмета, чтобы точно установить место его происхождения, — рассказывает Ярослав Кузьмин. — Существующая на сегодняшний день аппаратура позволяет выполнить неразрушающий анализ артефакта, а геохимия основных источников обсидиана Мексики и Средиземноморья хорошо изучена. Дело оставалось за малым — найти коллег с аппаратурой и получить разрешение на проведение анализа».

Непосредственную работу провели в феврале 2019 года Стюарт Кэмпбелл и Элизабет Хили из Университета Манчестера (Великобритания) с помощью портативного рентген-флуоресцентного спектрометра. В качестве эталонов коренных источников были использованы образцы мексиканских обсидианов, предоставленные Майклом Гласкоком (Университет Миссури, США).

«Совместными усилиями нам удалось определить, что коренным источником уникального артефакта является Пачука в Центральной Мексике. Размер обсидиановых блоков без трещин и других дефектов здесь достигает 1 м и более», — отмечает Ярослав Кузьмин.

Чтобы попасть из Мексики через Испанию в руки Джона Ди, зеркалу пришлось проделать сложный путь, ведь в то время Англия вела постоянные войны с Испанией и Францией. Ярослав Кузьмин поясняет: «Тем не менее хорошо известно, что Джон Ди с молодости находился в тесном контакте с интел-
лектуальными лидерами континентальной Европы. Из его сохранившихся и



Зеркало Джона Ди (А — лицевая сторона, Б — оборотная сторона)



Элизабет Хили с обсидиановым зеркалом

опубликованных бумаг явствует: он был знаком с сэром Уильямом Пикерингом, послом Англии при дворе императора Карла V в Брюсселе, столице Испанских Нидерландов. Есть обоснованное записями самого Джона Ди предположение, что именно Пикеринг передал ему обсидиановое зеркало, которое могло попасть в габсбургские владения (сегодняшняя Бельгия) из Испании».

Кроме того, точно известно, что одно время Джон Ди жил и учился в расположенном недалеко от Брюсселя Лувенском университете. В 1580-х гг. он жил на другой территории, контролировавшейся Габсбургами, — в Богемии, где правил император Рудольф II, известный приверженностью к алхимии и оккультизму. «Есть некоторая веро-

ятность, что зеркало могло быть получено от кого-то в Богемии, хотя “бельгийская” версия более правдоподобна. Нельзя исключать и того, что английские пираты перехватили испанский караван судов с золотом и драгоценностями из Мексики, где в числе редких вещей было и обсидиановое зеркало, затем так или иначе попавшее к Джону Ди», — говорит Ярослав Кузьмин.

Результаты исследования были представлены группой ученых на Второй международной конференции по изучению обсидиана, которая прошла в мае 2019 года в Венгрии.