



Нацка в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 11 апреля 2024 года • № 15 (3427) • 12+



Какие зубные болезни были у древних сибиряков?



Читайте на стр. 4–5

Новость

Новосибирский консорциум работает над импортозамещающим программным обеспечением

В составе консорциума — Новосибирский государственный университет, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН и Новосибирский научно-технический центр. Специалисты совместно работают над программным обеспечением для интерпретации сейсмических и скважинных данных и решения более широкого спектра геолого-геофизических задач, в том числе связанных с разработкой месторождений.

Консорциумом разрабатывается платформа «КРАТОН» — это набор ПО, которое взаимодействует друг с другом через слой совместимости. Слой совместимости, изначально создаваемый в НГУ, позволяет напрямую передавать данные между различными приложениями, а также быстро

и эффективно наращивать функционал всех интерпретационных модулей. Благодаря такому решению программы от разных разработчиков могут корректно работать друг с другом.

Слой совместимости реализован на трех языках программирования: C++, C# (C Sharp) и Python, за счет чего в программную среду «КРАТОН» можно интегрировать модули от сторонних разработчиков. Этот продукт имеет открытый код и распространяется бесплатно.

Одним из ключевых приложений, которые успешно работают на платформе «КРАТОН», является программный комплекс W-SEIS, созданный в ИНГГ СО РАН. Он предназначен для интерпретации данных 2D/3D сейсморазведки и бурения. Ряд нефтяных компаний брали W-SEIS на длительное тестирование, дали положительные отзывы и список пожеланий для дальнейшей реализации.

По словам заведующего лабораторией математического моделирования природных нефтегазовых систем ИНГГ СО РАН доктора геолого-минералогических наук **Владимира Валентиновича Лапковско**го, участие института в консорциуме позволило расширить коллектив разработчиков W-SEIS, в котором сейчас трудятся около 30 человек разной квалификации, включая студентов НГУ и НГТУ.

«Сейчас к нашей разработке есть большой интерес со стороны российских нефтедобывающих компаний, поскольку работа зарубежных программных продуктов в России не гарантирована, — отметил Владимир Лапковский. — В данный момент необходимо как можно скорее дополнить эти продукты чисто российским программным обеспечением. Для этого у нас есть все необходимые наработки и компетенции».

Пресс-служба ИНГГ СО РАН

Новость

Научные коммуникаторы СО РАН рассказали о профессии ученого

На выставке «Россия» в рамках «Фестиваля профессий», который организован по инициативе Министерства труда и социального развития РФ, представители управления по пропаганде и популяризации научных достижений СО РАН рассказали о том, как можно стать ученым и какие пути открыты для тех, кто решил связать свою жизнь с наукой.

«Фестиваль науки» на ВДНХ включает в себя множество мероприятий: лекции, мастер-классы, дискуссии и встречи с работодателями, тестирования на предмет профориентации и так далее. Новосибирская область была представлена Министерством труда и социального развития НСО, Сибирским отделением РАН, Институтом систематики и экологии животных СО РАН, а также Сибирским научно-исследовательским институтом авиации им. С. А. Чаплыгина.

«Нашей задачей стало не только мотивировать, но и показать, каким образом школьник может прийти в науку, провести аудиторию по всем ступенькам, продемонстрировать разные карьерные траектории», — прокомментировала начальник УППНД СО РАН **Юлия Сергеевна Позднякова**.

Для того чтобы слушатели соприкоснулись с научными знаниями, в выступление был включен и интерактивный блок: небольшой тест с интересными фактами, а также угадывание пословиц и поговорок, изложенных в научном стиле.

«Не секрет, что научный стиль русского языка имеет яркие отличительные особенности. Нам хотелось, чтобы аудитория попробовала понять сложно выраженные простые вещи и тем самым проиллюстрировать близость науки и обычной жизни», — отметила главный специалист УППНД СО РАН **Екатерина Андреевна Жимулева**.

НВС

Сибирские ученые участвуют в медико-биологическом сопровождении разработок в атомной области

Организаторами академического дискуссионного стола «Медико-биологическое и экологическое сопровождение разработки и внедрения инновационных технологий в атомной отрасли и их безопасного применения», прошедшего в Северске, выступили Сибирское отделение РАН, Федеральное медико-биологическое агентство России, Российская академия наук, госкорпорация «Росатом», Северский биофизический научный центр ФМБА, Сибирский химический комбинат и администрация Томской области.

Участники дискуссии отметили, что в настоящий момент Российская Федерация является одним из признанных мировых лидеров по уровню развития атомной отрасли и темпам ее модернизации. В частности, в Сибирском федеральном округе сосредоточено большое количество особо значимых для экономики и обороноспособности страны объектов использования атомной энергии (ОИАЭ), в том числе медицинских, осуществляющих обращение с источниками ионизирующего излучения.

В то же время существует ряд вопросов, связанных с введением в эксплуатацию новых ОИАЭ, основанных на современных технологиях и инновационных видах топлив, имеющих свойства, значительно отличающиеся от уже используемых в атомной отрасли. Это, безусловно, требует особого внимания с точки зрения должного обеспечения ядерной и радиационной безопасности.

Соответственно, необходима модернизация действующей системы научно-исследовательских, медико-биологических, санитарно-гигиенических и иных видов работ, чтобы обезопасить труд персонала ОИАЭ и жизнедеятельность населения зон наблюдения. В связи с этим значимым

является взаимодействие госкорпорации «Росатом» и других организаций, взаимодействующих с источниками ионизирующего излучения, а также с медицинскими и научными организациями в местах расположения ОИАЭ, которые занимаются системной оценкой последствий воздействия техногенного облучения на человека и объекты окружающей среды.

Примером этому является данное научное мероприятие, впервые организованное в Сибирском федеральном округе в форме расширенного заседания структур РАН, ФМБА России, Министерства здравоохранения РФ, Министерства науки и высшего образования РФ, МЧС России, Роспотребнадзора, имеющих опыт научно-практических работ по анализу и объективной интерпретации последствий радиационного воздействия. Проведение его в гибридном формате с широким привлечением средств массовой информации позволило существенно расширить спектр и географию участников.

В ходе дискуссии, развернувшейся после выступления российских специалистов в области безопасности жизнедеятельности, участники научного форума подчеркнули, что здоровье и качество жизни персонала ОИАЭ и населения зон наблюдения являлось и является ведущим направлением кооперации ученых и специалистов организаций различной ведомственной принадлежности в целях оптимизации регламентной системы обеспечения радиационной безопасности, в том числе по медико-биологическому и экологическому направлениям.

Учитывая актуальность трансляции критических медико-биологических технологий в условиях глобальных вызовов, связанных с медико-биологическим и экологическим обеспечением технологического лидерства атомной

отрасли России при реализации критических технологий атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом, а также с целью минимизации приемлемого радиологического риска, участники форума сформулировали ряд предложений по комплексному научно-практическому сопровождению развития двухкомпонентной атомной энергетики и определили приоритетные задачи.

Во-первых, необходимо формировать и реализовывать межведомственные программы междисциплинарных исследований по комплексной оценке последствий долговременного техногенного радиационного воздействия на человека и биоту, в том числе вопросов состояния здоровья, комплексного воздействия факторов среды на качество и продолжительность жизни персонала вновь вводимых ОИАЭ и населения зон наблюдения.

Во-вторых, следует разрабатывать и транслировать биомедицинские компетенции как основы модернизации существующей системы здоровьесбережения и продления долголетия, в том числе трудового.

В-третьих, учитывая уровень и масштаб задач, связанных с развитием двухкомпонентной атомной энергетики, введением в эксплуатацию ОИАЭ, внедрением инновационных технологий и видов ядерного топлива и связанную с этим необходимость подготовки кадров, необходимо инициировать создание врачебной и научной специальностей по профилю «радиационная медицина», а также разработать и утвердить профессиональный стандарт специалиста по радиационной медицине и ввести научную специальность «радиационная медицина» в перечень номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени.

Также в числе приоритетных задач по комплексному научно-практическому сопровождению развития двухкомпонентной атомной энергетики участники форума отметили развитие региональных сегментов системы аварийной готовности и оперативного медико-дозиметрического реагирования при внештатных ситуациях; возобновление проведения научных исследований по комплексному анализу медико-биологических и экологических эффектов деятельности Семипалатинского ядерного полигона на новом уровне горизонта знаний относительно возможных отдаленных последствий ядерных испытаний и ракетно-космической деятельности; широкое привлечение средств массовой информации для освещения итогов проведенных и новых системных исследований по медико-биологическому и экологическому сопровождению текущего этапа развития атомной отрасли, что обоснованно позволит обществу считать реализуемые проекты не только совершенными с технологической точки зрения, но и социально ответственными.

Организаторы и участники академического дискуссионного стола подчеркнули, что необходимо и в дальнейшем продолжать диалог между всеми заинтересованными сторонами в обеспечение неукоснительного соблюдения регламентной системы радиационной безопасности и ее эволюционного совершенствования, а данный форум должен проводиться на регулярной основе и являться открытой и авторитетной площадкой для всестороннего профессионального взаимодействия, беспристрастного анализа возникающих вопросов и определения путей их эффективного решения, а также оценки перспектив медико-радиологического поиска.

По материалам организаторов мероприятия

К ДНЮ КОСМОНАВТИКИ

Томские ученые улучшают стекла для иллюминаторов космических аппаратов

Иллюминаторы в космосе — это не просто окна для экипажа. Прежде всего, они служат для наблюдений и съемок с использованием оптических приборов, поэтому крайне важно, какими оптическими, защитными и прочностными свойствами будут обладать. Над улучшением этих свойств успешно работает коллектив лаборатории материаловедения покрытий и нанотехнологий Института физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск) под руководством профессора, доктора технических наук Виктора Петровича Сергеева.

Проблема заключается в том, что космические иллюминаторы находятся в очень агрессивной среде. В их стекла с огромной скоростью, достигающей нескольких километров в секунду, ударяются метеороиды и микрочастицы космического мусора. Такие объекты разрушают поверхностный слой, образуют кратеры, окруженные трещинами длиной до нескольких миллиметров. Это значительно снижает прочность стекол и портит их оптические характеристики.

По заданию Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С. П. Королёва ученые ИФПМ СО РАН провели расчеты, позволившие установить допустимый

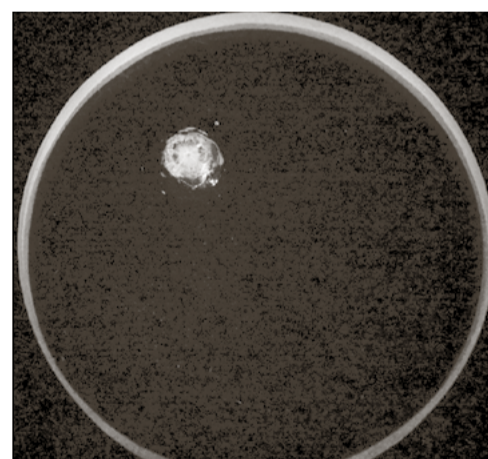
срок эксплуатации иллюминаторов на Международной космической станции.

«Мы получили фотоснимки внешних стекол иллюминаторов российского сегмента Международной космической станции, сделанных российскими космонавтами в космосе. Затем совместно с нашими коллегами из НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета с помощью специальной установки смоделировали ситуации соударений 120 стекол-образцов и высокоскоростных микрочастиц, развивающих ту же скорость, что и в условиях открытого космоса. Таким образом, мы изучили, как на механическую прочность стекол влияет количество кратеров, их размеры, глубина и расположение», — рассказал Виктор Сергеев.

Потом с помощью специальных расчетов ученые оценили остаточный ресурс эксплуатации иллюминаторов. Согласно полученным данным, иллюминаторы на МКС прослужат еще как минимум до 2030 года.

Решая задачу повышения ударной стойкости и срока службы иллюминаторов, научный коллектив лаборатории оценил перспективность использования в них других видов стекол, кроме используемого сегодня в России кварцевого стекла (его основу составляет оксид кремния).

Проведенные исследования показали, что оптические стекла на основе оксидов



Поврежденное стекло иллюминатора с одиночным кратером от удара высокоскоростного микрометеороида

натрия и кальция не превосходят по долговечности кварцевые, но их стоимость гораздо выше. Стекла из лейкосапфира, основу которого составляет оксид алюминия, напротив, лучше кварцевых по твердости в полтора раза и по прочности — почти в два раза, но широкому внедрению такого стекла в космонавтике тоже препятствует высокая стоимость: в три раза выше, чем у традиционного кварцевого стекла.

Эффективно повысить ударную стойкость кварцевых стекол, приблизив их характеристики к лейкосапфировым, можно путем нанесения на них многоуровневых (до десяти слоев) покрытий, разработанных

в ИФПМ СО РАН. Первая партия стекол с защитными покрытиями, нанесенными с помощью ионно-плазменного оборудования, также разработанного в институте, успешно прошла необходимые испытания и уже передана в РКК «Энергия» для оснащения новых космических кораблей.

Кроме того, сейчас в ИФПМ СО РАН выполняется разработка стекол для иллюминаторов Национальной орбитальной космической станции (РОС).

«Необходимо решить целый комплекс задач, связанных с повышением оптических характеристик стекол и их однородностью. Важно уменьшить массу производимых иллюминаторов, так как вывод каждого килограмма груза на космическую орбиту обходится очень дорого. Повышение прочности стекол за счет нанесения защитных покрытий позволит уменьшить их толщину, следовательно, их вес, а значит, и сократить экономические издержки», — пояснил В. П. Сергеев.

К 2026 году томские материаловеды должны создать уникальные стекла с защитными покрытиями для иллюминаторов большого диаметра (до полуметра), что откроет новые возможности для работы оптических приборов: телескопов и съемочной аппаратуры.

Ольга Булгакова, ТНЦ СО РАН

Сибирские ученые исследуют микробиом туберкулезных очагов в легком

Специалисты Института эпидемиологии и микробиологии Научного центра проблем здоровья семьи и репродукции человека (Иркутск) исследуют особенности состава, структуры и функционального потенциала микробиоты туберкулезных очагов в легком. В качестве материала исследователи используют образцы хирургически иссеченных туберкулем, сравнивая их с образцами гистологически нормальной (не пораженной опухолью) ткани легкого от пациентов с раком легкого. Работа является важным шагом в понимании роли микроорганизмов в патогенезе туберкулеза и может привести к разработке инновационных подходов к его лечению. Статья об этом опубликована в журнале «Клеточные технологии в биологии и медицине».

Длительное время дыхательные пути человека ошибочно считались стерильными. Сейчас с применением современных подходов, в первую очередь метагеномного секвенирования, стало возможным глубокое изучение микробных сообществ легких — труднодоступного и непростого в изучении объекта. Научным сообществом уже накоплено большое число данных по участии динамичных бактериальных сообществ нижних и верхних дыхательных путей в патогенезе респираторных заболеваний, а вот динамика микробиоты легких при туберкулезе остается малоизученной.

В Институте эпидемиологии и микробиологии НЦ ПЗСРЧ микробиом легких при туберкулезе исследуют не один год. Ранее иркутскими учеными была сформирована концепция, что исход развития туберкулезной гранулемы может зависеть от присутствия в очаге сателлитной микробиоты.

Руководитель научного проекта директор ИЭМ НЦ ПЗСРЧ доктор медицинских наук **Олег Борисович Огарков** поясняет: «Исследование микробиома туберкулезного очага перспективно для решения важнейших задач российского здравоохранения, направленных на разработку новых методов диагностики, профилактики и контроля этого опасного инфекционного заболевания. Известно, что *Mycobacterium tuberculosis* (МБТ) способны вызывать структурные изменения в легочной ткани вплоть до творо-

жистого некроза, называемого «казеум» (сыр по латыни). Роль комменсальных микроорганизмов казеума до настоящего времени не описана. Проведенное нами секвенирование варьируемых фрагментов гена 16S рРНК хирургически иссеченных туберкулем и биоптатов нормальной ткани легкого позволило охарактеризовать разнообразие и прогностический потенциал бактериальных сообществ».

Исследование проводится учеными в сотрудничестве с коллегами из Иркутского медицинского университета, Иркутской областной клинической туберкулезной больницы и Иркутского областного онкологического диспансера. Совместная работа позволяет изучать уникальные и труднодоступные образцы ткани, полученные в ходе оперативных хирургических вмешательств.

Олег Огарков отмечает: «И творожистый некроз из туберкулем, и участки «здоровой» ткани, вырезанной хирургами-онкологами при иссечении опухолей, являются уникальными объектами для микробиолога, изучающего микробиом легкого при туберкулезе. В настоящий момент только в России и Южной Корее продолжают широко использовать хирургическое лечение при туберкулезе легких. А значит, в наших руках имелся уникальный материал, позволяющий провести системное сравнение микробиома туберкулезного очага с относительно здоровой тканью

легкого, получаемого при онкологических операциях в силу правила «удаление опухоли в пределах здоровой ткани»».

«Образцы хирургически иссеченных туберкулем позволяют нам как исследователям иметь дело именно с теми микроорганизмами, которые соседствуют с возбудителем заболевания и потенциально могут повлиять на его исход. Другое преимущество работы с таким материалом заключается в том, что риск его контаминации микроорганизмами верхних дыхательных путей сведен к минимуму», — рассказывает участник проекта младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологически и социально значимых инфекций НЦ ПЗСРЧ **Елизавета Андреевна Орлова**.

Результаты исследования, опубликованные в научной статье, показали, что состав микробиоты относительно здоровых легких варьирует в таксономическом разнообразии и представлен грамположительными и грамотрицательными бактериями с достаточно сходным метаболическим потенциалом. Микробиота изученных туберкулем в этом исследовании на 99,9% состояла из *Mycobacterium tuberculosis*. В некоторых случаях туберкулемы имеют полимикробный состав. Учеными выдвигается гипотеза, что процесс превращения туберкулезной гранулемы в полимикробную — это разновидность неблагоприятного развития туберкулезного очага.

Они предполагают, что размножение в анаэробных условиях туберкулемы микроорганизмов, отличных от возбудителя туберкулеза, является спусковым крючком каскада реакций, ведущих в конечном итоге к разжижению казеума и возникновению в легком полости распада.

Уточнение данной концепции о влиянии сателлитной микробиоты на исход заболевания будет продолжено на следующих этапах исследования. Так, в текущем году будет проведен модельный эксперимент *in vitro* по совместному культивированию *M. bovis* BCG (бычий аналог *M. tuberculosis*) с выделенной из туберкулезного очага анаэробной бактерией *Corynebacterium kefirresidentii*, чтобы выяснить, как такое соседство влияет на микроорганизмы, с одной стороны, и иммунитет человека — с другой.

В целом, уверены сотрудники ИЭМ, изучение состава микробиоты туберкулезных очагов способно привести к выявлению ассоциированных с заболеванием микробных видов, которые могут изменить представление о патогенезе заболевания, что в конечном итоге должно помочь в разработке новых методов диагностики, а так же в лечении заболевания.

Работа выполняется при поддержке РФФИ (грант № 23-15-00280).

Пресс-служба НЦ ПЗСРЧ

Ученые пересмотрели эволюцию сусликов в Евразии и открыли новый вид

Российские ученые провели реконструкцию эволюционной истории полиарктических сусликов рода *Spermophilus*, используя молекулярные маркеры митохондриального и ядерного геномов. Они установили, что древние суслики разделились на четыре основные ветви более шести миллионов лет назад. Результаты показывают, что евразийские суслики могут быть еще более древними, чем предполагалось ранее. Зоологи также обнаружили ранее неизвестный вид сусликов, который является эндемиком Западной Сибири. Результаты исследования опубликованы в журнале *Molecular Phylogenetics and Evolution*.

Суслики являются важной и разнообразной частью экосистем Евразии. Их традиционная классификация в первую очередь основывается на морфологических признаках и географическом ареале. Однако такая классификация была неполной и неточной.

Коллектив российских ученых, в который входит исследовательница из ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», впервые реконструировал эволюционную историю палеарктических сусликов и обнаружил новый уникальный для Западной Сибири вид. Для этого специалисты провели комплексный молекулярно-филогенетический анализ при дополнительной поддержке морфологических и геномных данных. В работе также принимали участие ученые из Института систематики и экологии животных СО РАН, Института молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН, Института биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН, Национального медицинского

исследовательского центра гематологии, Зоологического института РАН, Пензенского государственного университета.

Выяснилось, что древние суслики разделились от общего предка на четыре основные группы примерно 6,2 миллиона лет назад. Одна из них включает виды из Восточной Азии, вторая — из Восточной Европы и северо-запада Средней Азии, третья — из Центральной и Восточной Европы и Малой Азии. Четвертая группа — суслики, обитающие в Центральной Азии и соседних регионах. Таким образом, евразийские суслики оказались более древними, чем предполагали ранее, основываясь на данных раскопок.

Специалисты также обнаружили и описали новый вид суслика из Западной Сибири. Он отличается более темной окраской и крупными размерами и другими физическими особенностями. Новый вид распространен между восточным берегом реки Обь и западными склонами Кузнецкого

Алатау. Ученые отмечают, что это один из самых маленьких ареалов среди евразийских сусликов, с очень небольшой численностью. Специалисты также обратили внимание на то, что с конца XX века в Сибири отмечено резкое снижение численности всех популяций сусликов. Некоторые из них даже занесены в Красные книги регионов и находятся под угрозой исчезновения.

Полученные результаты дополняют и уточняют предыдущие исследования. Ученые отмечают, что новые данные помогают лучше понять эволюционные связи между видами сусликов и могут служить основой для разработки стратегий сохранения и контроля популяций этих животных.

«Наши результаты имеют большое значение для систематики и таксономии сусликов. Мы предлагаем пересмотреть таксономическую классификацию рода *Spermophilus*, признав 18 видов, включая недавно идентифицированный (*S. vorontsovi* sp. nov.), который встречается

лишь на ограниченной территории на юго-востоке Западной Сибири. Используя полногеномное секвенирование однонуклеотидного полиморфизма, мы обосновали роль реки Обь как основного барьера, обеспечивающего надежную изоляцию этого таксона от *S. erythrognys*. Эти результаты являются значительным шагом вперед в изучении разнообразия сусликов и подчеркивают важность использования генетических методов для систематики животных. Они могут помочь в понимании эволюции и развития этих животных, а также в их сохранении», — рассказала соавтор исследования заведующая лабораторией геномных исследований и биотехнологии ФИЦ КНЦ СО РАН кандидат биологических наук **Наталья Викторовна Орешкова**.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда № 22-24-00913.

Группа научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН

Какие зубные болезни были у древних сибиряков?

У современного человека есть много приспособлений для чистки зубов: щетка, нить, паста. Когда зуб болит, мы идем к стоматологу, где нам сразу его вылечат или удалят. Но что происходило с зубами людей задолго до появления стоматологов и зубных щеток? Какие зубные болезни у них возникали? Об этом рассказала младший научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН кандидат исторических наук Мария Святославовна Кишкурно.

Верхний палеолит

Ученые из ИАЭТ СО РАН исследовали находку из Красноярского края: нижнюю челюсть, которая предварительно датируется верхним палеолитом (40–12 тысяч лет назад). В это время человек, уже известный как *Homo sapiens*, расселился по всей земле. Древние люди жили в маленьких группах и часто перемещались с места на место, а еду добывали охотой и собирательством.

«На найденной челюсти можно заметить лунку от выпавшего зуба со следами воспаления в альвеоле второго моляра [зуба-семерки], — рассказала Мария Кишкурно. — Это очень частое явление на древних костях. Если присмотреться внимательнее, то можно узнать много дополнительных подробностей: в частности, нарастает неравномерность стертости зубов. В современном мире всё точно так же: мы едим, происходит механическая нагрузка на эмаль и она с возрастом стирается. При нормальном прикусе и положении зубов они стираются равномерно. В случае с нашим древним человеком стертость увеличивается ближе к зоне с утраченным зубом. При этом третий моляр [зуб мудрости] почти не стерт».

Ученые присмотрелись и к наружной поверхности кости, к самой челюсти и увидели дегенеративные изменения костной ткани. Это значит, что нарушились нормальная структура и функции костей челюсти, а прогрессирующее воспаление приводило к их постепенному разрушению. На первый взгляд, абсцесс на найденной челюсти настолько глубокий, что воспаление могло дойти до нижнечелюстного канала. А это могло привести к заражению крови и даже стать причиной смерти этого человека.

На рентген-снимке этой же челюсти исследователи заметили, что костная ткань у переднего корня зуба-шестерки разрежена, а у заднего корня находится небольшой пародонтальный карман. То есть между зубом и альвеолой образовалось пространство, куда попадали бактерии. Это значит, что в альвеоле этого зуба (лунке с корнями) тоже началось воспаление — апикальный периодонтит, воспалительное заболевание, которое происходит вокруг верхушки корня зуба. Однако только КТ-исследование помогло понять, что же на самом деле происходило с челюстью этого древнего человека.

«У него случилось поражение второго моляра [зуба-семерки], которое могло быть вызвано кариесом, травмой или зубным камнем. Человек жил, заболевание прогрессировало, и началось воспалительный процесс. Сначала — на деснах, а затем он перешел на костную ткань, и это привело к пародонтиту, воспалению всех окружающих тканей. В ходе него альвеола расширяется и в какой-то момент человек

теряет зуб. Но воспаление не проходит, инфекционный очаг движется вглубь кости, не доходит до нижнечелюстного канала, вырывается в сторону щеки и распространяется в близлежащих тканях», — прокомментировала Мария Кишкурно.

Так, у этого древнего человека ученые предположили периостит (воспаление надкостницы). Также инфекционный очаг затронул и компакту, верхнюю часть костной ткани. Всё это и привело к потере зуба.

Из-за утраты второго зуба вся механическая и жевательная нагрузка сместилась. Челюсть человека немножко перекосилась и начался интенсивный износ эмали. Самая большая нагрузка пришлась на коренной зуб, который тоже начал болеть, но его владелец, по-видимому, умер раньше, чем с этим зубом успело что-то произойти.

Эпоха раннего железа

Еще одна эпоха, о зубных болезнях которой удалось узнать ученым, — период раннего железа, или скифское время. На этот раз специалисты исследовали целую группу людей, а именно 130 человек. Они проживали на территории Верхней Оби во второй половине первого тысячелетия до нашей эры около современного села Быстровка в Новосибирской области. Археологи называют их носителями больше-реченской культуры. Исследователи из ИАЭТ СО РАН попытались реконструировать рацион этих древних людей.

«Племена жили в довольно благоприятных климатических условиях: у них был доступ к воде и плодородная земля. Люди занимались отгонно-пастбищным скотоводством и держали в основном крупный рогатый скот. Также есть археологические свидетельства о наличии земледелия. Оно не играло значительной роли в хозяйстве древних племен — были найдены лишь немногочисленные мотыги и зернотерки. Помимо этого — промысел, рыбная ловля, охота и, возможно, еще какие-то виды собирательства. Казалось бы, всё очень даже хорошо, но наше исследование зубочелюстных патологий дало нам несколько другую информацию», — объяснила Мария Кишкурно.

У трети группы археологи обнаружили кариес. Он был актуальной проблемой в древнюю эпоху, ведь это заболевание, которое в целом возникает из-за большого содержания в рационе продуктов растительного происхождения: сахаров и крахмала.

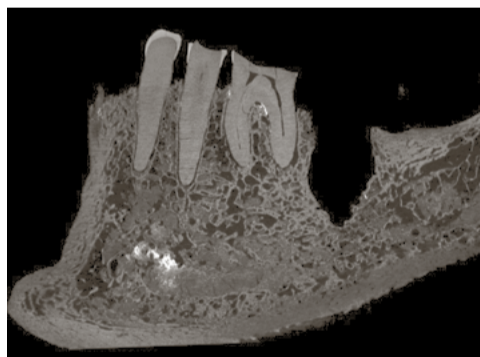
Помимо кариеса исследователи зафиксировали и зубной камень. У взрослого населения этой группы он встретился в ста процентах случаев. Зубной камень возникает вследствие двух причин, и они с точки зрения реконструкции диеты несколько противоречивые. Это может быть высокое содержание в рационе протеина, который



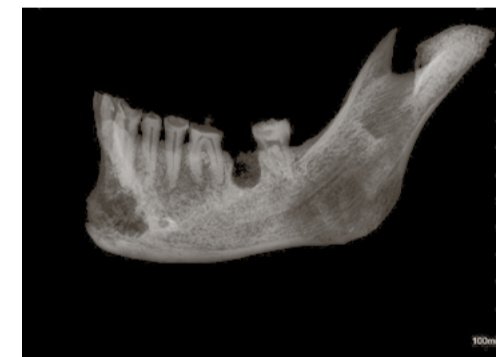
Мезиоденс



Отсутствие резцов и клыков



Снимок томографа



Рентген-снимок

	Суммарно	Мужчины	Женщины	Дети	Не удалось определить пол
Кариес	38 (129)	20 (46)	9 (33)	8 (26)	1 (24)
%	29,45	43,47	27,27	30,76	4,16
Зубной камень	120 (129)	46 (46)	33 (33)	15 (26)	24 (24)
%	93,02	100	100	57,69	100
Пародонтит	62 (99)	34 (46)	19 (31)	0 (12)	9 (10)
%	62,62	73,91	61,29	0	90
Прижизненные сколы	88 (128)	41 (46)	23 (33)	10 (25)	14 (24)
%	68,75	89,13	69,69	40	58,33
Абсцесс	16 (118)	9 (46)	5 (34)	0 (24)	2 (14)
%	13,55	19,56	14,7	0	14,28
Прижизненная утрата	24 (129)	6 (46)	11 (34)	0 (26)	7 (23)
%	18,6	13,04	32,35	0	30,43

Данные по исследованию группы

Паразиты влияют на организм хозяина с помощью нейросекреторных нейронов

Ученые Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (Улан-Удэ) совместно с коллегами из Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова обнаружили новый адаптационный механизм воздействия ленточных червей на своих хозяев: они секретируют (выделяют) вещества с помощью нервных клеток. Нейросекреторный материал может влиять на физиологию и нервную систему хозяина паразитов. Статьи об исследовании опубликованы в журналах *Zoology* и *Doklady Biological Sciences*.

ускоряет минерализацию зубного налета, или же это избыточное потребление углеводистой пищи, оставляющей на зубах вязкий налет. Так или иначе, без должной гигиены полости рта зубной камень был очень распространен в древности.

Зубные щетки появились гораздо позже, в эпоху Средневековья. Древние люди не чистили зубы после еды, поэтому почти у каждого был зубной камень. Под ним накапливается огромное количество бактерий, и может начаться воспаление десен. Дальше всё переходит на кость и соединительные ткани, начинается пародонтит, из-за которого могут выпадать зубы.

Археологи нашли и прижизненные сколы. Это указывает на то, что пища в древности была жесткой и зернистой. Если сколы фиксируются на зубах жевательных, то, возможно, это была мелкая фракция в составе пищи. Если они фиксируются на кусательных зубах, резцах и клыках, то человек мог грызть кости, ведь это та группа зубов, которая отвечает за первичное надкусывание.

У группы нашли и довольно редкие аномалии. Например, мезиоденс, который иногда встречается и в современности. Это зуб, который образуется между двумя верхними центральными резцами. У него небольшая заостренная форма, а также неглубокая лунка. Археологи предположили, что эта аномалия передается по наследству.

Есть и случаи, когда некоторые зубы, наоборот, отсутствовали с рождения. Например, есть индивиды, у которых нет вторых резцов или клыков. Вероятно, у них могли сформироваться аномалии прикуса.

Конечно, уже тогда люди пытались делать операции по удалению зубов, но пока информации, касающейся древнего населения Новосибирской области, на этот счет мало. В отличие от причерноморских скифов, у которых медицина была более развита и уже существовали приспособления для операций, о чем нам достоверно известно из письменных и археологических источников.

Проанализировав стоматологические особенности, ученые сделали вывод, что рацион древних сибиряков был смешанный. Несмотря на то что основным видом хозяйственной деятельности этих племен было скотоводство, а земледелие носило второстепенный характер и не было продвинутым, растительный компонент в их рационе очень значителен. Судя по сколам на эмали зубов, это могло быть плохо обработанное зерно.

Так, археологи предположили, что представители группы испытывали стресс. В какой-то момент древние люди столкнулись с дефицитом привычной пищи и голодом, вызванными, возможно, кризисом их экономического уклада, и вынуждены были искать другие источники пропитания.

«Исследование в этом направлении еще продолжается. Есть несколько причин, почему племена с преобладающей ролью скотоводства начинают потреблять большое количество продуктов земледелия. Можно предполагать климатические изменения и падеж скота. Однако железный век — это время скифов, кочевников, всадников, и на приобскую территорию шли мигранты как с юга, так и с севера. Изучаемая нами группа была максимально мирная, поселения не укреплены, оружия у них сравнительно мало. Мирные скотоводы. Нападения воинственно настроенных племен могли пошатнуть их хозяйственную деятельность», — подытожила Мария Кишкурно.

Ирина Баранова

Иллюстрации: предоставлены исследователями; Freepik.com (обложка)

Паразиты, обитающие внутри тела, в месте контакта с тканями хозяина секретируют вещества, необходимые для разных целей. Некоторые из них используются для регуляции иммунного ответа и нервной системы и, как следствие, поведения хозяина. Секрет вырабатывается паразитами либо в свободном виде, либо упакованным в специальные внеклеточные везикулы — отдельные пузырьки, покрытые оболочкой из мембраны.

«Для изучения механизмов выработки секрета мы анализировали ультратонкие срезы ленточных червей (50–70 нм). У пяти видов были обнаружены чашеобразные нервные окончания нейросекреторных нейронов, выделяющие вещества в организм хозяина. Они находятся в тегументе», — отметил ведущий научный сотрудник ИОЭБ СО РАН доктор биологических наук Иван Александрович Кутырев.

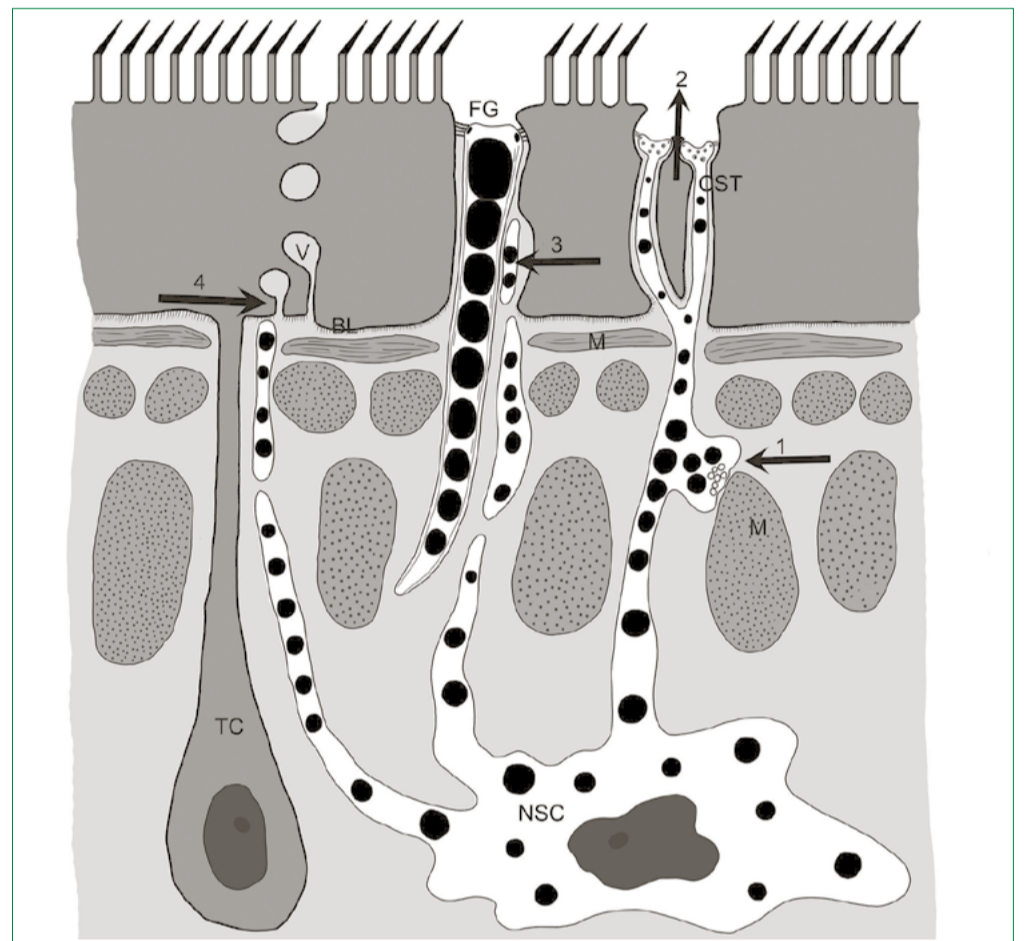
Поверхность тела ленточных червей — это вывернутый наружу тонкий кишечник, она покрыта синцитиальным эпителием, тегументом. У ленточных червей эпителий имеет уникальное строение: у клеток нет границ, они сливаются в единый пласт — синцитий.

Ученые выделили из рыб-хозяев плероцеркоиды — личинки цестод. Они инкубировались в течение суток в питательной среде с добавлением сыворотки крови хозяев, в которой содержались иммунные комплексы.

«Мы наблюдали, каким образом паразиты будут реагировать и защищаться от этих комплексов. С помощью мощных электронных сканирующих микроскопов на поверхности тегумента были обнаружены выходы секрета шарообразной формы. При воздействии сыворотки крови их количество увеличивалось почти в 50 раз, то есть паразит защищался выработкой большого количества секрета. Особенно сильно он выделялся через 6–12 часов после начала инкубации. Тот факт, что секреция увеличивается в ответ на сыворотку крови хозяина, указывает, в том числе, на важную экзосекреторную функцию нейросекреторных нейронов, которые представляют собой новый тип желез у цестод (ленточных червей)», — прокомментировал Иван Кутырев.

Оказалось, что сначала в глубоких слоях тегумента образуются органеллы — мембранно-ограниченные везикулы, которые могут содержать в себе и секрет нейронов. Они переносятся в дистальную цитоплазму (верхний слой) тегумента, после чего увеличивается количество внеклеточных везикул и вакуолей, высвобождаемых на его поверхность. Секреторные продукты располагаются послойно, и уже через сутки вокруг паразита формируется защитный слой — циста.

Циста, наиболее известный пример уклонения от иммунной системы, — это образование защитных оболочек вокруг паразитов. С одной стороны, в ответ на вторжение иммунная система изолирует паразита внутри капсул, состоящих из соединительной ткани и клеток иммунной системы. С другой стороны, и некоторые гельминты могут образовывать вокруг себя



Направления функционирования нейросекреторных нейронов: иннервация мышц (стрелка 1); выведение секреторных гранул в ткани хозяина с поверхности чашеобразных нервных окончаний (стрелка 2); часть нейросекреторных отростков выходит на поверхность тегумента вместе с окончаниями фронтальных желез (стрелка 3); секрет нейросекреторных нейронов может включаться в вакуоли, формируемые базальной мембраной тегумента, и выводиться на поверхность тегумента через апикальную мембрану (стрелка 4)

цисту из секретируемых веществ, а также стимулируют образование капсулы из соединительнотканых элементов хозяина. Таким образом они защищают себя от воздействия его иммунного ответа. Даже больше — паразиты могут стимулировать рост кровеносных сосудов в этой капсуле, чтобы обеспечить себе питательные вещества.

Интересно, что нейросекреторный материал, высвобождаемый из свободных окончаний цестод в организм хозяина, может выступать в качестве манипулятивного фактора, влияющего на его иммунную и эндокринную системы.

Исследователи предполагают, что мишени нейросекреторных нейронов изученных цестод — это протоки эккринных фронтальных желез, продольные и круговые мышцы подкожной области и базальная мембрана тегумента.

«Впервые для ленточных червей был описан процесс нейроэзокринной секреции. Все мы знаем, что нервные клетки необходимы для передачи электрических сигналов внутри организма. Также широко известен факт нейроэндокринной секреции, при которой нервные клетки выделяют биологически активные вещества для регуляции процессов внутри организмов. Нейроэзокринная же секреция, при которой нервные клетки секретируют биологически активные вещества в окружающую среду, — очень редкий факт в живой природе и впервые описан для цестод», — сказал Иван Кутырев.

Есть исследования, которые показывают, что заражение паразитами меняет содержание нейромедиаторов в головном мозге хозяев.

По словам ученого, паразиты в процессе длительной эволюции научились менять работу эндокринной и нервной системы и, как следствие, управлять поведением хозяев. Например, токсоплазма — одноклеточный паразит — манипулирует поведением своего промежуточного хозяина мыши, чтобы быстрее попасть в окончательного хозяина — кошку. Зараженный грызун становится чересчур рискованным, меньше прячется и тревожится, а главное — нестерпимо жаждет выйти кошке навстречу.

А грибок кордицепс, выделяя специальные вещества, влияет на нервную систему муравья, сбивая циркадные ритмы. Из-за этого муравьи перестают работать и начинают сидеть на листьях: чем выше заползут, тем лучше для гриба, поскольку это помогает распространить как можно больше спор. Волосатики, похожие на круглых червей — нематод, во взрослом возрасте живут в воде, а личинка поселяется в организме хищных насекомых. После того как личинка созревает, она заставляет насекомых мигрировать к воде, которую здоровые насекомые недолюбливают. Ученые выяснили, что насекомых-хозяев привлекает поляризованный свет, проще говоря, отблеск солнца от воды. После приближения хозяина к водоему личинка выходит из организма хозяина и мигрирует в воду. В некоторых случаях паразит даже заставляет насекомых прыгать в воду, что приводит к гибели самих хозяев.

Полина Щербакова

Иллюстрация предоставлена исследователем

Разработки новосибирских физиков для создания компьютерной памяти нового поколения

Ученые Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН разработали прототипы мемристоров (элементов памяти) для матриц энергонезависимой памяти большого объема, определили, каким должен быть состав активных слоев, чтобы получать мемристоры с лучшими характеристиками, и предложили неразрушающий метод контроля состава слоев во время их синтеза.

Компьютерная память нового типа, универсальная, может совмещать в себе энергонезависимость, как флэш-память или жесткий диск, высокую скорость работы, характерную для оперативной памяти, и большой информационный объем. Один из лучших кандидатов на роль универсальной памяти — резистивная ReRAM, в которой данные записываются за счет изменения электрического сопротивления. Разработкой универсальной памяти занимаются крупнейшие технологические центры мира.

Элемент ReRAM, мемристор, представляет собой структуру металл — диэлектрик — металл, в которой тонкий слой диэлектрика обратимо меняет сопротивление при подаче переключающего импульса напряжения из-за образования и рассасывания в нем тонкого проводящего канала (филамента). В качестве таких диэлектриков, в частности, используются обедненные кислородом оксиды металлов: тантала, циркония и гафния. Особенность оксидов в нестехиометрическом составе — соотношение между атомами металла и кислорода — не выражается простыми целыми числами. Например, $\text{HfO}_{1.42}$ — нестехиометрический оксид.

Молодые ученые ИФП СО РАН создали мемристоры на основе всех вышеперечисленных оксидов и исследовали свойства элементов памяти. Благодаря широкому использованию этих оксидных соединений в кремниевой технологии мемристоры на их основе не потребуют больших затрат при внедрении. Кроме того, на основе нестехиометрических оксидов тантала возможно создание многоуровневых устройств памяти. Исследования велись в рамках крупного научного проекта «Квантовые структуры для посткремниевой электроники».

Достижения молодых ученых и их коллег применимы при разработке промышленных образцов резистивной памяти.

Материал для мемристоров с оптимальными характеристиками

Младший научный сотрудник лаборатории физической химии поверхности полупроводников и систем полупроводник — диэлектрик ИФП СО РАН кандидат физико-математических наук **Алина Константиновна Герасимова** выяснила взаимосвязь условий роста и химического состава, оптических и электрических свойств пленок нестехиометрических оксидов гафния, циркония и тантала. Результаты ее работы могут быть полезны при создании технологических маршрутов изготовления элементов резистивной памяти и перспективной оксидной электроники — альтернативы полупроводниковой.

Для синтеза образцов ученые использовали метод ионно-лучевого распыления-осаждения. Он сравнительно легко позволяет получать тонкие пленки оксидов, обедненные кислородом.

«Мы установили, что пленки оксидов металлов (гафния, циркония) нестехиометрического состава, созданные методом ионно-лучевого распыления-осаждения, состоят из трех компонентов: металла, предельного оксида ($\text{HfO}_2/\text{ZrO}_2$) и субоксида определенного состава (Hf_4O_7 или Zr_4O_7). В пленках оксида тантала нестехио-

метрического состава тоже три компонента, но субоксиды TaO_x могут быть разного состава, в отличие от оксидов гафния и циркония. Оказалось, что мемристоры с лучшими характеристиками — не требующие операции формовки, что упрощает технологию их производства, без существенного уменьшения «окна памяти» и быстродействия — получаются при максимальной концентрации субоксида. В перспективе это можно использовать при составлении технологических маршрутов», — рассказала Алина Герасимова.

Кроме того, исследовательница предложила способ неразрушающего контроля состава пленок нестехиометрических оксидов во время роста с помощью эллипсометрии: оптического метода, использующего эффект изменения поляризации света при его отражении от объектов. Такой подход менее трудоемок, чем традиционно применяемый — рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

Состав пленок — в данном случае соотношение атомов кислорода к атомам металла — влияет на проводимость пленок, а значит, и на характеристики резистивной памяти.

«Мы получили зависимость показателя преломления от состава пленок (отклонения от стехиометрии) для нестехиометрических оксидов гафния и циркония. Зависимость линейна, и у нее есть важное практическое значение: она позволяет определять состав синтезированных слоев оптическими методами без использования сложного метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии», — пояснила А. Герасимова

Высокоэффективные прототипы мемристоров

Младший научный сотрудник молодежной лаборатории нанотехнологий и наноматериалов ИФП СО РАН кандидат физико-математических наук **Виталий Александрович Воронковский** вместе с коллегами определили составы слоев оксидов гафния и циркония, подходящие для создания мемристоров, а также составы, при которых такие мемристоры не требуют формовки, что в перспективе позволит создавать матрицы памяти большого объема. Формовка — это первое «включение» мемристора, как правило, с подачей более высокого напряжения, чем требуется при последующих переключениях. При формовке образуется филамент — проводящий канал.

«Используя для синтеза оксидов ионно-лучевое распыление-осаждение с разным парциальным давлением кислорода, мы получили образцы, отличающиеся по составу. В ходе экспериментов установили, что часть полученных структур демонстрировала эффект резистивного переключения. А при сильном обеднении кислородом удалось создать бесформовочные мемристоры. Это важно, поскольку такие мемристоры значительно облегчают разработку матриц памяти высокой информационной емкости», — рассказал ученый.

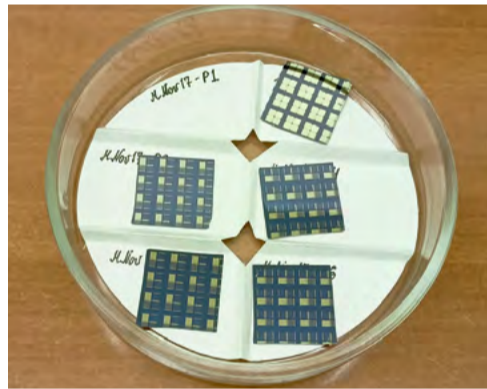
Также работа ученых позволила добиться стабильности характеристик мемристоров, а в 2022 году на данную разработку получен патент.



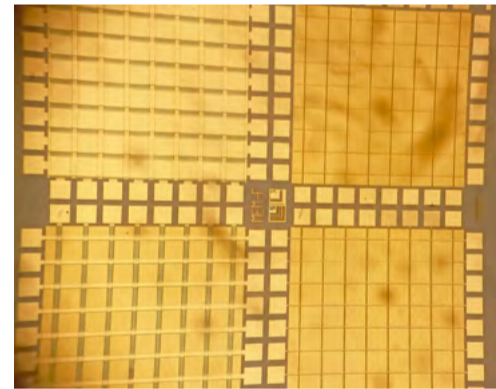
В. А. Воронковский, А. К. Герасимова



Измерение электрофизических характеристик элементов памяти



Прототипы элементов памяти, созданные учеными ИФП СО РАН



Массивы элементов памяти под микроскопом

Резистивные переключения в мемристоре происходят благодаря образованию филамента. Его зарождение и формирование происходят в случайном месте, обусловленном разными факторами, поэтому в одном и том же мемристоре могут возникать несколько конкурирующих филаментов. В результате появляется большой разброс напряжений резистивных переключений и сопротивлений от одного цикла переключения к другому, что снижает устойчивость переключений и, как следствие, уменьшает привлекательность мемристоров для использования в качестве ячеек памяти.

Ученые показали, что, если посветить электронным лучом на оксидный слой мемристора в области, сопоставимой с размерами поперечного сечения филамента, можно добиться возникновения проводящего канала в области действия луча.

«При воздействии электронного луча формировалась «затравка» филамента в диэлектрике. Напряжения формовки и резистивных переключений в таких мемристорах были значительно меньше, чем у мемристоров, полученных без воздействия электронного луча, что позволило исключить появление дополнительных проводящих каналов в других областях диэлектрика. В результате мемристоры де-

монстрируют кратное снижение разброса напряжений резистивного переключения и сопротивлений по сравнению с мемристорами без локального электронно-лучевого воздействия», — отметил В. Воронковский.

«Можно спроектировать электронно-лучевую систему, которая будет одновременно облучать матрицы мемристоров, чтобы сократить время, нужное для создания затравок», — добавил ученый.

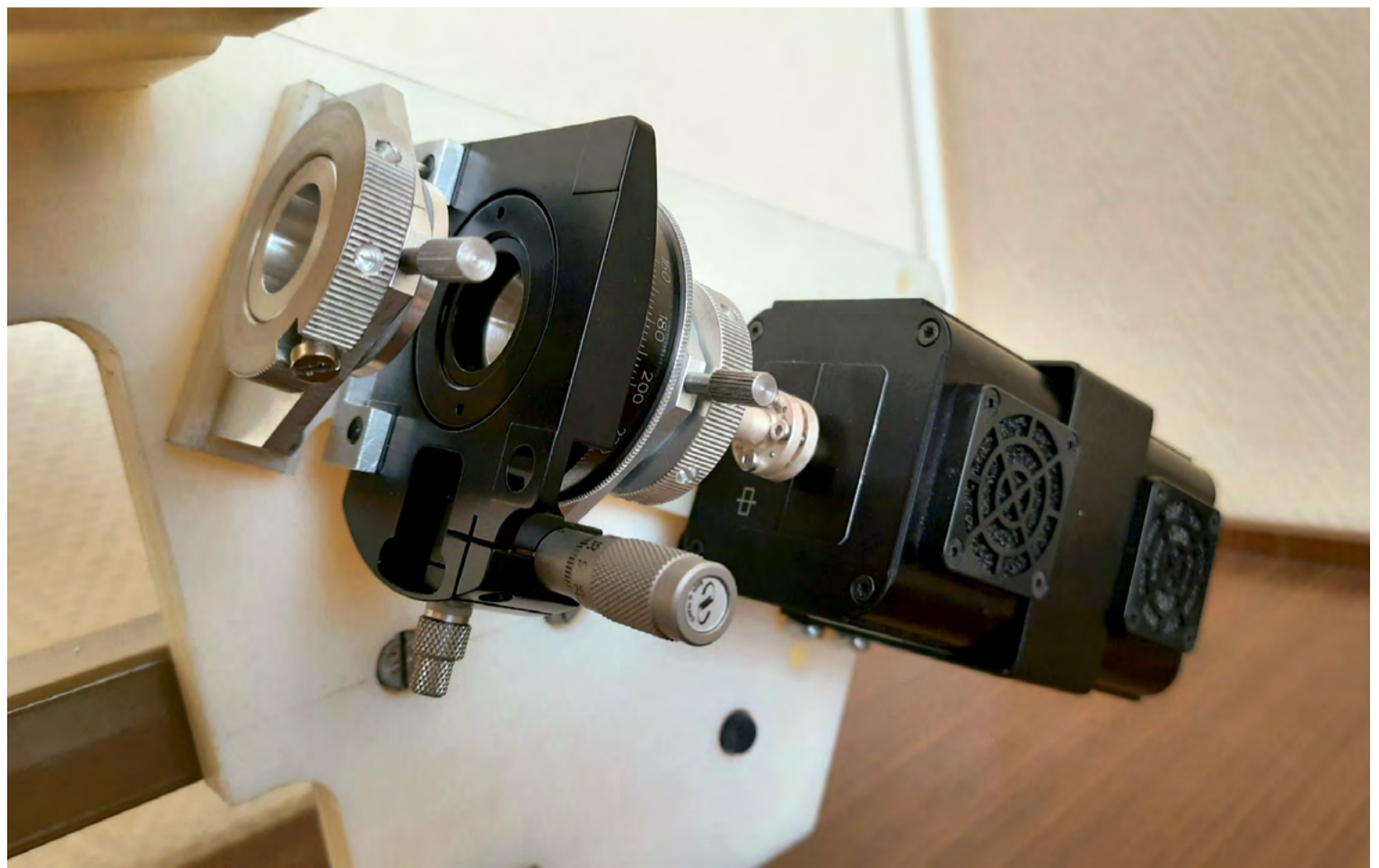
В деталях: как происходит перемещение заряда? Ловушки для электронов

В своих работах молодые ученые устанавливали механизмы работы мемристоров на максимально детальном уровне. Считается, что в образовании филамента определяющее значение имеют вакансии (пустующие узлы кристаллической решетки) кислорода в диэлектрическом слое мемристора. Вакансии кислорода могут выступать в качестве ловушек для электронов и играют ключевую роль в транспорте заряда в диэлектрике. С увеличением их концентрации уменьшается сопротивление оксидного диэлектрика.

Однако Виталий Воронковский с коллегами выяснили, что, хоть повышенная концентрация вакансий кислорода в диэлектрическом слое мемристора и способствует образованию филамента при

Сибирские ученые разработали прибор для бесконтактного обнаружения дефектов в непрозрачных материалах

Высококонтрастный прибор субтерагерцовый эллипсометр для обнаружения низкоконтрастных дефектов в оптически непрозрачных материалах создали ученые Аналитического и технологического исследовательского центра «Высокие технологии и наноструктурированные материалы» физического факультета Новосибирского государственного университета совместно с коллегами из Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН. В основе аппарата лежит использование терагерцового излучения для бесконтактной диагностики покрытий. Разработка направлена на создание технологии неразрушающего контроля для промышленных применений, в частности в приборостроении, авиационной и космической отраслях.



«Важная особенность нашего прибора заключается в том, что при его создании мы применили разработанные нами излучатель и высокоэффективные компактные тонкопленочные поляризационные элементы на основе метаматериалов — искусственных материалов с необычными оптическими свойствами. Работа нацелена на развитие методики бесконтактной эллипсометрической диагностики приповерхностных слоев оптически непрозрачных, а также рентгеноконтрастных материалов и покрытий за счет перехода в коротковолновую часть миллиметрового диапазона длин волн. Изготовленный нами лабораторный макет субтерагерцового эллипсометра уже не раз продемонстрировал свою работоспособность и эффективность. Прибор позволяет обнаружить скрытые внутренние дефекты материала при сканировании пучком излучения вдоль его поверхности», — рассказал старший научный сотрудник лаборатории **Сергей Александрович Кузнецов**.

Ученые продемонстрировали перспективность разработанного ими субтерагерцового эллипсометра для неразрушающего контроля авиационных углепластиков. Исследования проводились на композитных материалах на основе углеродных волокон, предоставленных Сибирским научно-исследовательским институтом авиации им. С. А. Чаплыгина. Такие материалы применяются в авиационной для создания несущих элементов легкомоторных летательных аппаратов — крыльев и фюзеляжа. С помощью экспериментального макета прибора удалось выявить

в структуре композита приповерхностные расслоения на ранних стадиях их образования, что критически важно, поскольку при полетных нагрузках процесс расслоения неизбежно усиливается.

Вместе с научными сотрудниками Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН ученые ФФ НГУ также успешно апробировали эллипсометр при бесконтактном определении толщин и оптических констант жаропрочных керамических покрытий на основе диоксида циркония (ZrO_2), которые методами плазменного и детонационного напыления наносятся на лопатки газовых турбин для их антикоррозийной защиты.

«В процессе напыления очень важно контролировать толщину и однородность покрытий. Эффективных и недорогих приборов, способных бесконтактно выполнять такую диагностику, не существует до сих пор ни в России, ни за рубежом. Поскольку покрытия оптически непрозрачны, просветить их видимым или инфракрасным излучением невозможно, а рентгеновские исследования не дают необходимого контраста. Зато терагерцовые волны подходят как нельзя лучше, и наш эллипсометр успешно справляется с поставленной задачей», — объяснил Сергей Кузнецов.

Эффективность субтерагерцового эллипсометра была подтверждена и при исследованиях, проводимых совместно с научными сотрудниками Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, которые работали над созданием специального керамического покрытия, способного по-

глощать электромагнитное излучение. Это покрытие предназначено для применения в установках термоядерного синтеза типа токамак (тороидальная камера с магнитными катушками). Предполагается, что такие установки будут использоваться в энергетике будущего для производства электроэнергии на основе слияния ядер дейтерия и трития. В камерах установок осуществляется нагрев плазмы с помощью излучения, которое может оказывать разрушающее воздействие на их стенки, и предотвратить это должно керамическое покрытие, поглощающее излучение. Диагностику покрытия для определения толщины слоя и наличия дефектов успешно провели с помощью эллипсометра.

«Конечно, существуют и другие приборы для диагностики материалов, но преимущество разработанного нами устройства в том, что оно не требует физического контакта с исследуемым объектом. Достаточно направить на него терагерцовые волны и по изменению поляризации отраженного излучения определить, какова толщина и однородность покрытия», — прокомментировал Сергей Кузнецов.

В настоящее время ученые ФФ НГУ отработывают методику обнаружения порошков в бумажных почтовых конвертах с использованием эллипсометра. Рентгеновские установки не видят столь малое количество мелкого порошкового вещества, а в терагерцовом диапазоне прибор можно настроить таким образом, чтобы он стал чувствителен к этим материалам.

Текст и фото пресс-службы НГУ

формовке, вакансии кислорода в виде отдельных, изолированных друг от друга, ловушек в транспорте заряда в мемристорах на основе оксидов гафния и циркония не участвуют.

«Тем не менее вакансии кислорода могут участвовать в образовании дефектных комплексов, играющих роль мелких ловушек и состоящих, например, из атомов металла и нескольких вакансий кислорода. Помимо вакансий кислорода, в транспорте заряда могут играть роль и междоузельные атомы O_2 , образующиеся в ходе формовки и резистивного переключения. Определение природы таких дефектов (вакансии и междоузельные атомы — дефекты) — важная задача, решить которую можно с помощью квантово-химического моделирования», — подытожил молодой ученый.

«Шуба» вокруг оксида

Алина Герасимова обнаружила, что при локальном воздействии электронного луча в нестехиометрических оксидах формируются металлические кластеры, вокруг которых образуется «шуба» из стехиометрического оксида. Существование такой оболочки объясняет, как могут сосуществовать междоузельный кислород и вакансии кислорода в пленке нестехиометрического состава, которая является активным слоем устройств памяти. Если вакансии — это отсутствие ионов кислорода, то междоузельный кислород — «лишние» атомы кислорода между узлами кристаллической решетки. Обычно вакансии и междоузельные атомы нейтрализуют друг друга.

Также исследовательница выяснила, что под действием электронного луча в нестехиометрических оксидах формируются кристаллические оксидные фазы, которые обычно образуются при высоких температурах и давлениях. В частности, орторомбическая фаза HfO_2 . Такие фазы интересны тем, что некоторые из них обладают сегнетоэлектрическими свойствами и могут подойти для создания разных типов датчиков (термо-, пьезо- и других), сенсоров температуры, давления и для сегнетоэлектрической памяти FeRAM.

«Мы предполагаем, что в нестехиометрических оксидах гафния при формовке вокруг проводящего канала (филамента) образуется оболочка HfO_2 . Она может служить резервуаром для накопления междоузельного кислорода, необходимого для реакции окисления филамента при резистивных переключениях, а также защищать этот кислород от рекомбинации с вакансиями кислорода, присутствующими в большом количестве в исходном нестехиометрическом оксиде. Еще один неожиданный результат — то, что локальная электронно-стимулированная кристаллизация нестехиометрических оксидов HfO_x , в отличие от стехиометрических, приводит к образованию орторомбической фазы HfO_2 , которая обычно образуется только при больших давлениях. Этот результат был получен впервые. До нас никто не исследовал кристаллизацию нестехиометрических оксидов под действием электронного луча. Аналогичные процессы кристаллизации наблюдались и для оксида циркония и тантала», — рассказала А. Герасимова.

В дальнейшем молодые ученые планируют продолжать работать с нестехиометрическими оксидами. В частности, в их планах — исследование нестехиометрического оксида титана, разработка на его основе композитного материала, чувствительного к терагерцовому излучению, и создание матриц для болометров — приемников излучения.

Надежда Дмитриева, ИФП СО РАН
Фото Надежды Дмитриевой
и Тимофея Перевалова

ВАКАНСИЯ

ФГАОУВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» объявляет выборы на замещение должности директора Института интеллектуальной робототехники.

Квалификационные требования: высшее профессиональное образование, стаж научной или научно-педагогической работы не менее пяти лет, наличие ученой степени или ученого звания.

Документы принимаются в течение одного месяца со дня опубликования объявления по адресу:
г. Новосибирск, ул. Русская, 35, к. 311а;
тел. +7 (383) 373-11-70.

ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА МАРЧУК

С глубоким прискорбием сообщаем, что 1 апреля этого года на 97-м году жизни скончалась **Ольга Николаевна Марчук**, супруга Гурия Ивановича Марчука, основателя Вычислительного центра Сибирского отделения АН СССР, председателя Сибирского отделения АН СССР, Президента Академии наук СССР.

Ольга Николаевна родилась 6 июня 1927 года. Она окончила химический факультет Ленинградского государственного

университета по специальности «радио-химик», работала в Новосибирском государственном университете.

Ольга Николаевна была талантливым художником и писателем, лауреатом премии «Выдающиеся женщины Академгородка». Наиболее известные ее книги: «Сибирский феномен. Академгородок в первые двадцать лет» и «Малоизвестные страницы из жизни некоторых ученых». Неоднократно проводились выставки

картин Ольги Николаевны в Доме ученых Академгородка.

Ольга Николаевна была очень предана своей семье. Она заботливо относилась к мужу и трем сыновьям, чтобы те могли, не отвлекаясь, как она сама говорила, «заниматься проблемами науки». Всего в большой семье Ольги Николаевны три сына, шесть внуков и семь правнуков.

Президиум СО РАН

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУКИ

Сибирские ученые обсудили развитие научного волонтерства

В «Точке кипения — Новосибирск» состоялась дискуссия «Как общество и научное сообщество могут быть полезны друг другу».

Предметом обсуждения стало научное волонтерство — в России, Сибири и Новосибирской области. Вводное сообщение сделала **Майя Отузбаевна Гичгелдиева** — директор областного фонда «Образование». Он учрежден Новосибирским государственным университетом, Академпарком и компанией «Аэросервис» (обеспечение качества воздуха) как раз для поддержки инициатив в области гражданской науки (citizen science). «В настоящее время практически все науки в той или иной мере нуждаются в участии научных волонтеров, — подчеркнула Майя Гичгелдиева, — и миссия нашего фонда заключается как раз в развитии этой деятельности в форматах прежде всего сетевых проектов, вовлекающих индустриальные компании, научные институты, университеты, студентов, педагогов и школьников».

Подробно обсуждался проект «Охотники за микробами», инициированный пять лет назад фондом «Образование» и Институтом химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН при поддержке его научного руководителя академика **Валентина Викторовича Власова**. Школьники под руководством наставников из числа педагогов и молодых ученых собирали образцы почвы и искали в них азотфиксирующие бактерии — их применение востребовано в агробиотехнологии. В 2021 году проект перерос во всероссийский, расширил целеполагание, был включен в федеральную научно-технологическую программу (ФНТП) по генетическим технологиям и стал называться «Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов». Как информировала представитель фонда «Образование» **Анна Александровна Бондарь**, в 2021–2023 годах эта инициатива охватила 6 575 школьников с 1-го по 11-й классы из 75 регионов страны, руководимых 555 наставниками. Научный результат составляет не только свыше 14 500 образцов почвы, но и 20 опубликованных статей в профильных журналах и четыре патентные заявки.

Алексей Алексеевич Маслов из Института систематики и экологии животных СО РАН информировал о некоторых других природоохранительных проектах. «Белые пятна Новосибирской области» имели целью заполнить пробелы на карте систематических наблюдений за флорой и фауной региона. Ученый отметил, что его развитие с названием «Натуралистам на дороге», предполагавшее оплату топлива, было не столь популярно как раз по этой причине: настоящие волонтеры-природоведы при-



А. А. Маслов и А. А. Бондарь приняли участие в дискуссии

выкли действовать бескорыстно. По мнению Алексея Маслова, почти идеальной выглядит многолетняя акция Алтайского края «Усынови заказник»: «Это просто кладезь информации о том, как проводить детские волонтерские проекты».

Волонтерство плодотворно и в гуманитарной области знаний. Доктор исторических наук **Ирина Вячеславовна Октябрьская** из Института археологии и этнографии СО РАН рассказала про инициативу «Семейная реликвия и культурно-историческая память» 2021–2022 годов с участием около ста наставников и десятков учеников из 40 средних школ Новосибирска и 12 районов области. Итогом работы с домашними артефактами стала отдельная секция Международной научной студенческой конференции НГУ и публикации в ее сборнике. Как и «Охотники за микробами», этот проект далее расширил свои рамки и тематику. Теперь он называется краеведческой олимпиадой «Память семьи — память народа» и охватывает уже более 60 школ Новосибирска и региона. Ирина Октябрьская подчеркнула культурологическую важность акции: «Домашние реликвии — это точки памяти, помогающие сохранить преемственность культуры».

Участники обсуждения акцентировали двойной эффект волонтерских инициатив. С одной стороны, это несомненная польза для науки. «Все интересы учтены, ученые получают весьма значительные резуль-

таты», — считает Анна Бондарь. С другой стороны, налицо профориентационный и воспитательный эффекты. «Когда в университет поступает выпускник, однозначно мотивированный на науку, тем более конкретную дисциплину, это дорогого стоит», — считает кандидат биологических наук **Наталья Валентиновна Смирнова** из Института почвоведения и агрохимии СО РАН. «Пусть не все наши юные волонтеры станут учеными-гуманитариями, — поделилась Ирина Октябрьская. — Важны изменения, происходящие с личностью ребенка». «У природы везде должны быть свои люди», — сказал Алексей Маслов, имея в виду важность экологического мышления на любой должности в любой сфере деятельности.

По итогам дискуссии, организованной Министерством науки и инновационной политики НСО, участники приняли решение о создании рабочей группы по развитию научного волонтерства в Новосибирской области. В ее задачи будет входить запуск новых волонтерских проектов, а также расширение сообщества добровольных помощников сибирских ученых и пропаганда этой деятельности в масс-медиа. Был поставлен вопрос и о награждении лучших волонтеров в рамках фестиваля «Наука 0+» в Новосибирской области ближайшей осенью.



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

Сайт «Науки в Сибири»
www.sbras.info