



Нацка в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издаётся с 1961 года • 23 июля 2026 года • № 28 (3542) • 12+



На кого охотились в Денисовой пещере



Читайте на стр. 5

Новость

Плазма и фуллерены помогли ученым «подружить» алюминий с бором

Красноярские исследователи разработали новую технологию получения алюминиевого сплава с бором. Для этого специалисты обработали расплав в низкочастотной плазме с добавлением фуллеренов. Это позволяет равномерно распределить бор по всему объему алюминия, что раньше было труднорешаемой задачей. Результаты опубликованы в журнале *Pramana – Journal of Physics*.

Материалы на основе алюминия — одни из самых универсальных и экономически выгодных. Алюминиевые сплавы ценятся за легкость, прочность и устойчивость к нагреву. Одна из самых востребованных добавок — бор. Он делает сплав прочнее и устойчивее к коррозии. Такие сплавы используют в различных областях промышленности: от авиации и машин до электроники и ядерных реакторов. Однако получить этот сплав задача не из простых. Достичь равномерного распределения бора сложно, потому что он плохо смачивается алюминием и стремится собраться в комки. Равномерность распределения критически важна для качества сплава и свойств конечного изделия.

Ученые Института физики имени Л. В. Киренского ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» разработали новую технологию получения сплавов алюминия и бора. Метод основан на обработке алюминиевого расплава бором при помощи потока плазмы с добавлением фуллеренов — молекул углерода, по форме напоминающих футбольный мяч. Внутри плазмы частицы бора дробятся, уменьшаются в размере и легко проникают в расплав. Циркулирующие потоки расплава, возникающие из-за перепадов температур и магнитного поля, разносят бор равномерно по всему объему алюминия.

Чтобы убрать оксидную пленку, которая всегда есть на поверхности алюминия и мешает ему соединиться с бором, ученые добавили в процесс фуллерены — особые молекулы углерода. Они восстановили алюминий, сами окислились до углекислого газа и ушли из реакционной камеры, не образовав лишних примесей. Сочетание порошка бора и фуллеренов в потоке плазмы позволило получить алюминиевый сплав с равномерно распределенным бором по всему объему алюминия.

«Плазменный метод позволяет вводить любой элемент в любой материал и точно дозировать легирующий элемент при его введении в материал и контролировать его распределение по глубине и по поверхности материала, что обеспечивает равномерное распределение вводимого вещества по поверхности материала. Нет проблем со сцеплением слоев, нет промежуточных загрязнений. Однако мы заметили, что с ростом содержания бора твердость сплава немного снижается. Для конструкций, где нужна максимальная прочность, это минус, но для лигатур и многих технологических применений, это не критично. В дальнейшем мы планируем детально изучить структуру сплава и понять, как можно управлять его свойствами, меняя параметры синтеза», — отмечает заведующий лабораторией аналитических методов исследования вещества Института физики им. Л. В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН доктор технических наук Григорий Николаевич Чурилов.

Исследование поддержано Российским научным фондом (№ 25-29-00794).

Группа научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН

Новость

ИИ-помощник объединит цифровые модели и инженерные данные для управления месторождениями

«Газпром нефть» разрабатывает цифрового помощника на основе искусственного интеллекта, который позволит инженерам работать с данными о месторождениях через диалоговый интерфейс. Система будет объединять информацию из более чем 200 баз данных и цифровых моделей, анализировать ее и помогать специалистам оценивать различные варианты разработки объектов.

«Мы создаем экосистему цифровых двойников на стыке сложных промышленных систем и передовых решений в области искусственного интеллекта. Для наших сотрудников это означает переход на качественно новый уровень работы, где алгоритмы ИИ берут на себя процессы расчета и интеграции ИТ-систем, а также определения спектра оптимальных вариантов, позволяя специалистам сосредоточиться на решении комплексных инженерных задач», — рассказывает руководитель Научно-технического центра «Газпром нефти» Александр Николаевич Ситников.

Работа с помощником будет построена в формате чата: инженер сможет сформулировать задачу в текстовом виде, после чего алгоритмы определят, какие данные и цифровые модели нужно использовать, выполнят необходимые расчеты и предложат варианты решения.

Ранее для анализа показателей добычи специалистам приходилось вручную собирать информацию из разных систем, запускать отдельные расчеты и сопоставлять результаты нескольких цифровых моделей. Новый прототип автоматизирует эти этапы и уже способен решать десятки типовых инженерных задач — от проектирования разработки месторождений до анализа вариантов бурения и оптимизации работы оборудования.

Одним из источников данных для системы станут цифровые двойники — виртуальные модели нефтегазовых пластов, скважин, трубопроводов и производственного оборудования. Они создаются на основе актуальной информации и позволяют анализировать состояние объектов, проверять различные сценарии и выбирать наиболее эффективные инженерные решения.

НВС

Сибирские ученые оценили потенциал цианобактерии для защиты печени и кишечника

Исследователи из НИИ клинической и экспериментальной лимфологии — филиала ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» изучили потенциал цианобактерии для использования в терапии токсических гепатитов и воспалительных заболеваний кишечника. Статья об этом опубликована в «Сибирском научном медицинском журнале».

Ученые НИИКЭЛ показали в эксперименте на мышах, что цианобактерия *Leptolyngbya cf. ectocarpus* оказывает противовоспалительное и гепатопротекторное действие при токсических гепатитах и воспалительных заболеваниях кишечника.

Новосибирские исследователи — одни из первых в мире, кто системно изучает терапевтический потенциал цианобактерии при таких патологиях. Ученые подчеркивают, что речь идет о доклиническом этапе: пока эффекты подтверждены только на животных, но результаты позволяют рассматривать цианобактерии как перспективное направление в разработке вспомогательных терапевтических средств.

В рамках исследования суспензию и экстракт сырой биомассы *Leptolyngbya cf. ectocarpus* вводили мышам внутрижелудочно. Моделировались три вида патологии: алкогольный гепатит, парацетамоловый гепатит и воспалительное заболевание кишечника, индуцированное декстрансульфатом натрия. В ряде опытов цианобак-

терию давали за семь суток до индукции заболевания, в других — через 30 минут после, а при воспалительном заболевании кишечника дополнительно сравнивали действие с циклофосфаном и преднизолоном. Ученые оценивали изменения в крови и тканях: количество лейкоцитов, уровень билирубина, а также ряд других показателей, отражающих состояние печени, тонкого и толстого кишечника.

Предварительно ученые специально разрушали оболочку бактерий, чтобы снизить влияние липополисахаридов, известных как стимуляторы воспаления, и сконцентрироваться на потенциально защитных молекулах.

«Бактерии нас интересовали как источник биологически активных молекул, а не как живые продуценты, предназначенные для колонизации организма. Поэтому мы использовали суспензию — наработанную, отмытую от питательной среды биомассу, а также экстракт, полученный после разрушения клеток, чтобы убрать лишние провоспалительные компоненты», — объяснил ведущий научный сотрудник лаборатории клеточных технологий НИИКЭЛ доктор медицинских наук Александр Петрович Лыков.

Эксперименты показали, что при алкогольном гепатите и воспалительном заболевании кишечника введение суспензии и экстракта цианобактерии снижало количество лейкоцитов в периферической крови по сравнению с контрольной группой,

что говорит об уменьшении выраженности воспалительной реакции.

При токсическом поражении печени парацетамолом наоборот, наблюдалось повышение числа лейкоцитов, но при этом фиксировался выраженный гепатопротекторный эффект: снижалась активность печеночных аминотрансфераз и концентрация билирубина — ключевых маркеров повреждения клеток печени. По словам Александра Лыкова, у животных без лечения эти показатели были очень высокими, тогда как на фоне введения цианобактерии их уровень падает примерно наполовину, что исследователи рассматривают как важный сигнал в пользу дальнейшего изучения.

Положительные результаты отмечались и у грызунов, у которых моделировали воспалительные процессы в кишечнике, аналогичные болезни Крона и неспецифическому язвенному колиту у человека, заболеваемость которыми в последние годы заметно возросла.

«Как и в случае с гепатитом, после введения суспензии и экстракта мы отметили уменьшение количества лейкоцитов периферической крови. Лабораторные данные затем были подтверждены с помощью морфологического анализа, который также показал влияние на регенерацию и барьерную функцию слизистой оболочки.

Это исследование стало только первым этапом, и сегодня еще рано говорить о каких-то конкретных сроках проведения

любых клинических испытаний суспензии и экстракта на людях, подчеркивают ученые. В настоящее время очень ограниченное число видов цианобактерий и микроводорослей официально разрешено к применению в пищевых добавках и лекарственных средствах, и испытанный в НИИКЭЛ штамм в этот перечень не входит.

«Всё, что мы делаем сейчас, касается только исследований на животных. До любого внедрения в медицину еще очень далеко, и это станет возможно только после того, как такие цианобактерии будут признаны мировыми регуляторами — FDA (Food and Drug Administration, Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США. — Прим. ред.) и другими», — подчеркнул Александр Лыков.

В настоящее время исследователи продолжают оценивать потенциал цианобактерий в лечении других патологий, в частности, фиброза легких. «Мышам вводили антибиотик, который применяется при терапии бактериальных инфекций и при онкологических заболеваниях, вызывающий у мышей воспаление в легких с избыточным отложением коллагена в легочной ткани. На фоне приема экстракта из цианобактерии отмечалось уменьшение отложений коллагена, значит, определенный положительный эффект есть», — отметил ученый.

Пресс-служба ФИЦ ИЦИГ СО РАН

Сибирские ученые нашли способ снизить вредные выбросы при сжигании жидких топлив и отходов

Исследователи из Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН разработали и экспериментально проверили метод сжигания жидкого топлива, который решает сразу две проблемы. Он дает возможность сократить выбросы оксидов азота почти на 50 % при сохранении высокой полноты сжигания топлива, в том числе жидких углеводородных отходов, таких как нефтешлам и отработанные масла, вместо их складирования. Результаты исследования опубликованы в журнале «Теплоэнергетика», выпуск № 1 за 2026.

Весомую долю антропогенных выбросов в атмосферу составляют оксиды азота (NOx). Они довольно опасны для окружающей среды. Так, NOx нарушают кислотность почв и являются главной причиной фотохимического смога, токсичного для флоры и фауны. В связи с этим по всему миру остро стоит необходимость снижать уровень подобных выбросов.

Не меньший вред природе приносят и жидкие углеводородные отходы. В числе таких — нефтешламы и отработанные масла. Они примечательны тем, что содержат в себе механические примеси, такие как песок и грунт, а также продукты износа исходного топлива. Значительную их часть до сих пор складывают, что достаточно опасно. Один литр отработанного масла может загрязнить до тысячи тонн грунтовых вод, а нефтешламы, попадая в почву и водоемы, отравляют их. Любое нарушение целостности резервуара хранения может обернуться катастрофой. Между тем по своей природе эти отходы остаются горючими: это углеводороды, которые

могли бы служить топливом и давать тепловую энергию.

Почему бы тогда не сжигать их? Дело в том, что обычные горелки настраиваются на определенный состав топлива, а у отходов он меняется от партии к партии. Из-за этого процесс сжигания становится нестабильным, растут выбросы вредных веществ, возникает риск коксования — превращения отходов в твердый материал (кокс), который засоряет каналы подачи топлива. Получается, что современная промышленность стоит перед выбором: либо хранить отходы, впуская тратя ресурсы, да еще и с риском разгерметизации резервуара и всеми вытекающими последствиями для экологии, либо сжигать их по-прежнему вредным для природы способом. Решение сразу обеих проблем предложили ученые из Института теплофизики.

Базой для технологии стала определенная конфигурация горелки, при которой топливо распыляется не механической форсункой, а струей перегретого водяного пара в небольшую камеру газогенерации. Пар, нагретый до 250 °C при давлении 0,7 МПа, дробит топливо на мельчайшие капли и тем самым ускоряет его испарение. Конструкция исключает прямой контакт топлива с нагретыми поверхностями, а значит, предотвращает коксование.

К этой горелке ученые добавили систему рециркуляции дымовых газов. Это хорошо известный прием в энергетике, при котором часть отработанных газов возвращается в зону горения для снижения образования вредных веществ. Однако в отличие от традиционных систем, где

требуется возвращать 20–30 % дымовых газов, новый метод достигает сопоставимого эффекта при доле разбавления всего 5–10 %.

Исследование проводилось на лабораторной горелке, в которую подавались газы различного состава и температуры. Ученые сравнили режимы с холодными (комнатной температуры) и нагретыми до 250 °C разбавителями, а также вариант с принудительным вдуванием в установку кислорода.

Холодные разбавители снижали температуру пламени на 150–200 °C и значительно эффективнее подавляли образование оксидов азота, чем горячие. Заведующий лабораторией экологических проблем теплоэнергетики Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН кандидат технических наук Евгений Павлович Копьев, один из авторов работы, объяснил это так: чем холоднее поступающий газ, тем интенсивнее он охлаждает зону горения и тем сильнее замедляются реакции, ведущие к образованию вредных выбросов. Нагретые же разбавители практически не влияли на температурный профиль пламени, поскольку их разбавляющий эффект нивелировался подводимым теплом. Обогащение кислородом давало обратный результат: температура пламени росла, и вместе с ней увеличивались выбросы оксидов азота. Впрочем, как отмечается в исследовании, этот режим может быть полезен при работе с трудновоспламеняемыми видами топлива, поскольку растет интенсивность горения. Однако если слишком сильно снизить температуру пламени, начнется недожог топлива, и вместо оксидов азота

вырастут выбросы угарного газа. Поэтому необходимо точно корректировать нагрев реакции.

В первую очередь технология ориентирована на нефтеперерабатывающие предприятия. Также она может быть использована при ликвидации нефтяных разливов, так как собранная на них нефть смешивается с песком, грунтом и водой. Не меньшую пользу технология способна предоставить в области металлургии, а также энергетической промышленности, где необходимо максимально эффективно сжигать топливо с минимальным вредом для экологии.

По словам Евгения Копьева, исследователи уже создали горелку промышленного масштаба и установили ее на котел, мощности которого достаточно для отопления нескольких зданий. На этой установке планируется проверить, сохраняются ли все преимущества метода при переходе на условия, приближенные к реальным.

Некоторые вопросы всё еще остаются нерешенными. Предстоит выяснить, как технология поведет себя на крупных промышленных объектах и насколько она будет стабильной при постоянной смене состава сжигаемых отходов. Несмотря на то, что до полномасштабного внедрения предстоит пройти долгий путь, Евгений Копьев подчеркивает, что внешний запрос от промышленности может значительно ускорить этот процесс.

Текст подготовили: Сергей Бобкин, Анастасия Галь, студенты отделения журналистики Гуманитарного института НГУ

«Молния всегда выбирает путь наименьшего сопротивления»

Знали ли вы, что у молнии могут быть как положительно, так и отрицательно заряженными? Одинаково ли их удары будут воздействовать на предметы инфраструктуры и человека? Опасно ли во время сильной грозы находиться в автомобиле и почему не рекомендуют прятаться под деревом? И наконец, как лучше защитить себя от молнии, если в небе всё сверкает и гроыхает, а ты случайно оказался на открытом пространстве?

«Молния — это более бытовое понятие, которое относится только к некоторым типам электрических разрядов в атмосфере, на самом деле их разнообразие значительно шире», — рассказывает ведущий научный сотрудник лаборатории физики климатических систем Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томск), доцент и старший научный сотрудник Томского государственного университета кандидат физико-математических наук **Константин Николаевич Пустовалов**.

Все электрические разряды в атмосфере делятся на три основные группы. Первая — коронные разряды, известные в метеорологии как огни святого Эльма. Они проявляются в предгрозовых условиях в виде свечения на вершинах объектов с высокой электрической проводимостью: ветках деревьев, радио-, теле- и корабельных мачтах. Вторая, наиболее многочисленная группа — разряды в кучево-дождевых (грозовых) облаках и их окрестностях. Третья группа — разряды, возникающие в пепловых шлейфах при извержениях вулканов и в сильных пыльных (песчаных) бурях и метелях. Разряды в пепловых и пылевых облаках часто называют «грязными молниями», поскольку они образуются в аэрозольных средах.

Грозовые разряды подразделяются на следующие основные подтипы: линейные, шаровые и четочные. Первая подгруппа включается в себя вспышки квазилинейной формы, которые представляют собой молнии в их классическом понимании, знакомые большинству людей. Вторая группа — шаровые разряды (молнии), представляющие собой сферические сгустки плазмы, которые изучены довольно слабо; на сегодняшний день количество гипотез о них превышает число подтвержденных фактов. Третья группа — четочные разряды (молнии) — представляет собой некую комбинацию первого и второго подтипов и выглядит как четки (бусы): это линейный разряд, на который нанизаны светящиеся «бусины».

Для линейных разрядов дополнительно существует несколько классификаций. С точки зрения расположения и геометрии линейные разряды подразделяются на следующие подтипы. Выделяют внутриоблачные разряды, которые возникают и заканчиваются внутри одного облака (как правило, между его нижней и верхней частями, где сосредоточены разноименные объемные заряды). Такие разряды легко наблюдать при грозе с открытого пространства. Разряды «облако — облако» происходят между противоположно заряженными частями двух соседних облаков через безоблачное пространство. Разряды «облако — воздух» представляют собой перенос электрического заряда из облака в скопления аэрозоля в безоблачном пространстве, где также сосредоточен некоторый объемный заряд. Наконец, разряды «облако — земля» — это классические молнии, которые мы видим чаще всего. Они представляют наибольшую опасность для человека и хозяйственной деятельности, поскольку непосредственно попадают в землю и расположенные на ней объекты.

В свою очередь, разряды «облако — земля» по направлению делятся на нисходящие и восходящие. Подавляющее



Несколько отрицательных разрядов «облако — земля», а слева положительный разряд «облако — земля».

большинство молний являются нисходящими, то есть их «дерево» идет от облака к земле. Основной яркий канал, называемый лидером, имеет боковые отростки — стримеры, направление его ветвления указывает на направление распространения разряда. «Восходящие разряды визуально стартуют от земли в направлении облака. Чаще всего они возникают не на открытой местности, а от вершин гор или высоких зданий, особенно телебашен. Визуально такой разряд напоминает дерево, основание которого находится на вершине сооружения, а ветвление направлено в сторону грозового облака», — объясняет Константин Пустовалов.

Нисходящие разряды «облако — земля» также классифицируют с точки зрения полярности переносимого заряда. Выделяют отрицательно и положительно заряженные молнии. Первые значительно больше — около 90 %. Положительных меньше, но зачастую они обладают большей разрушительной силой. «Сила тока в канале положительного разряда может в десять и более раз превосходить силу тока отрицательного разряда. Поскольку от силы тока зависят как температура нагрева канала, так и воздействие на точку удара, положительные разряды приводят к значительно более серьезным последствиям: возгораниям объектов (включая постройки и деревья) и повреждениям электросетей и подстанций. Один положительный разряд может причинить ущерб, превышающий последствия десятка отрицательных», — рассказывает Константин Пустовалов.

Визуально отрицательный и положительный разряды также отличаются. Первый стартует из нижней части грозового облака вертикально вниз и сильно ветвится, напоминая прямое дерево с множеством веток. Положительный разряд стартует из верхней части облака, но

не может распространяться вертикально, поскольку экранирован нижележащими слоями облака. Поэтому он сначала идет по кривой вбок, а затем бьет вниз. Такой разряд слабо ветвится и выглядит как кривое дерево практически без веток. «Траектория положительно заряженной молнии тоже может нести дополнительную разрушающую силу. Если отрицательные разряды бьют вертикально вниз — туда, где уже выпали ливневые осадки, то положительные разряды часто попадают в области, где осадков не было — сухие и пересушенные участки. Именно с ними связаны так называемые сухие грозы. Сочетание высокой силы тока, температуры и сухой поверхности повышает вероятность возгорания на порядки», — отмечает Константин Пустовалов.

Для человека удар положительно заряженной молнии тоже с большей вероятностью будет смертельным, однако тяжесть последствий зависит от многих дополнительных условий. Сухая обувь и одежда, особенно резиновая, служит хорошим изолятором между телом и землей. Мокрая одежда, напротив, значительно повышает риск поражения. «Молния всегда выбирает путь наименьшего электрического сопротивления, поэтому объект с более высоким сопротивлением является менее привлекательной мишенью», — рассказывает ученый.

Если во время грозы вы оказались на открытой местности без возможности найти укрытие, следует пригнуться, приняв позу эмбриона, чтобы уменьшить свою высоту при минимальном контакте с почвой — чаще всего молния бьет в наиболее высокий объект. Надежным укрытием служит автомобиль. Его металлический корпус действует как клетка Фарадея: даже при прямом попадании разряд проходит по поверхности автомобиля, не проникая

внутрь, человеку достаточно не касаться металлических конструкций.

Особую опасность во время грозы представляют отдельно стоящие деревья. «Хотя дерево выше человека и примет удар на себя, при попадании молнии заряд распространяется по влажному высокопроводящему слою древесины — камбию (тонкий слой насыщенных соком живых клеток между корой и древесиной). Влага в этих слоях мгновенно вскипает, что приводит к взрывному расширению тканей. Внешние слои древесины разлетаются в стороны, как картечь, и могут нанести человеку тяжелые травмы вплоть до смертельных. Основная опасность заключается в поражающих элементах (щепках), разлетающихся с большой скоростью. Дополнительную опасность создает шаговое напряжение, связанное с тем, что заряд молнии не сразу уходит в землю, а распределяется по корневой системе дерева, создавая большую радиальную разность потенциалов на расстоянии до нескольких десятков метров вокруг ствола дерева. Под ее влиянием ток может пойти через тело человека — от одной ноги к другой. Наконец, возможен перескок молнии от ствола дерева в человека с последующим уходом через его тело в землю», — объясняет Константин Пустовалов.

Ученый отмечает, что в лесу риск быть ударенным молнией или подвергнуться ее негативным последствиям значительно ниже. Вероятность того, что она попадет в конкретное дерево, возле которого находится человек, ничтожно мала, особенно если это дерево не самое высокое. Поэтому при невозможности укрыться в здании или автомобиле лучше уйти в лес, чем оставаться на открытой местности.

Материал, который может заживать: как создаются гибкие источники тока

В Новосибирске создают источники тока будущего, способные заживать после повреждений. В основе — гибкий полимерный электролит на основе полиуретана, который не течет, проводит заряд и восстанавливается после повреждений, что делает его идеальным для сенсоров на коже. Мы поговорили со старшим научным сотрудником Института химии твердого тела и механохимии СО РАН кандидатом химических наук **Ольгой Андреевной Подгорновой** о разработке этих перспективных материалов для безопасных источников тока будущего.

Тема твердых полимерных электролитов сегодня находится на стыке фундаментальной химии и прикладной энергетики. И именно такие разработки могут стать основой для следующего поколения гибких и безопасных источников тока.

«Мы создаем новые материалы для безопасных и гибких источников энергии. Сначала подбираем электролит, варьируя полимерную матрицу, проводящую соль и растворитель, затем собираем мини-устройство и проверяем, насколько хорошо оно накапливает и отдает заряд. Если результат удачный, двигаемся дальше — к более совершенным прототипам», — говорит Ольга Андреевна.

Одним из перспективных кандидатов стала полиуретановая матрица, способная удерживать раствор проводящей соли и сохранять эластичность. «Она может набухать в растворе соли и удерживать его внутри своей структуры. В итоге получается материал, который выглядит как эластичная пленка, но при этом работает как электролит. Это удачное сочетание: материал не течет, не расплывается, сохраняет форму, а ионы внутри него продолжают двигаться. Именно поэтому эти системы интересны для гибких и твердотельных устройств», — объясняет Ольга Подгорнова.

Такие свойства важны, потому что в носимых устройствах аккумулятор должен гнуться, но не течь и не рваться. Электролит — не жидкость и не провод, а материал, через который ионы лития перемещаются между электродами, без которого ток не идет, поэтому его выбор так важен. «Именно они влияют и на безопасность, и на работоспособность устройства, и на его пригодность к практическому применению», — подчеркивает Ольга Андреевна.

Сейчас в источниках тока в основном жидкие электролиты, но они текут и горят. Полимерный электролит не течет, а при впитывании соли лития проводит ионы, как жидкий, но безопасно. От того, насколько хорошо он это делает, зависит емкость устройства — главный параметр при оценке. Такие системы становятся всё популярнее из-за того, что жидкие электролиты хорошо работают. «Но у них есть очевидный недостаток: при повреждении устройства они могут вытекать. Это и риск короткого замыкания, и вопрос пожарной безопасности. Твердые электролиты безопаснее, однако у них часто хуже контакт с электродами. Поэтому полимерные системы оказались очень интересными: они более гибкие, лучше подстраиваются под структуру электрода и позволяют создать более надежный контакт. В нашем случае мы работаем с квазитвердыми системами — они держат форму, но внутри сохраняют жидкую фазу, что помогает ионному переносу», — отмечает исследователь.

Хорошая проводимость ионов означает, что аккумулятор быстро заряжается и эффективно отдает энергию. Проверяют это в модельной конструкции — ячейке, где электролит работает между двумя электродами. Главный показатель —

удельная емкость: сколько энергии может накопить система на единицу массы или объема. Именно он говорит, насколько материал подойдет для реальных устройств.

Основное при оценке электролита — проводимость, но одного этого недостаточно. «Материал должен не только хорошо проводить ионы, но и нормально работать в составе конкретного устройства. Мы оцениваем, как ведет себя система в ячейке, какая получается емкость, как меняются параметры при сборке с электродами. В опубликованной работе показано успешное применение разработанного электролита в симметричной ячейке: в течение тысячи повторяющихся циклов заряда и разряда сохраняется до 80 % емкости. Это важный ориентир для дальнейшей оптимизации», — поясняет Ольга Андреевна.

Высокая емкость важна, но электролит также должен работать в реальных условиях — гнуться, не трескаться и не терять контакт. Полиуретан подходит идеально: его структура набухает в солевом растворе, удерживая проводящую жидкость внутри, но не вытекая. Получается гибкая, безопасная и эффективная система.

Выбор полиуретана для Ольги Андреевны «во многом оказался удачным сочетанием обстоятельств. Один из коллег работал с полиуретанами в другой области и предложил попробовать их в электро-

химии. У этих материалов широкий диапазон свойств: можно менять гибкость, твердость, устойчивость к растворителям. Кроме того, в литературе работ по таким системам пока немного, то есть это по-настоящему перспективное направление», — делится ученая.

Самое сложное в разработке таких материалов — сбалансировать проводимость и эластичность: слишком много соли ухудшает гибкость, слишком мало — снижает ток. «Кроме того, важна технологичность: некоторые растворители быстро испаряются, и тогда материал трудно использовать в производстве. Хорошая лабораторная характеристика еще не означает, что система подойдет для реального устройства», — комментирует Ольга Андреевна.

Казалось бы, высыхание — конец для электролита: материал теряет проводимость, и устройство выходит из строя. Но в случае с полиуретановой матрицей произошло неожиданное: даже полностью высохнув, она не разрушается. При контакте с раствором проводящей соли пленка снова набухает и восстанавливает ионную проводимость. Такое заживление структуры — редкое и ценное свойство, особенно для долгоживущих и ремонтнопригодных устройств.

Одной из неожиданных находок стало поведение материала после высыхания. «Да, и это всегда особенно интересно.

Например, нас впечатлил сам эффект набухания: материал может долго удерживать растворитель, а затем, после высыхания, снова включаться в работу, если вернуть его в электролит. Это показывает, насколько устойчивой может быть внутренняя структура полимерной матрицы», — рассказывает исследователь.

Такие источники тока в будущем могут работать в носимых устройствах, например в умных браслетах или медицинских сенсорах, которые крепятся прямо на коже. Главное — они должны гнуться, тянуться и при этом не терять заряд. «Пока это лабораторная стадия, но мы уже подошли к этапу прототипов. Следующий шаг — проверить, как такие устройства ведут себя при изгибах, растяжении, механических нагрузках», — подытоживает Ольга Андреевна.

Материал должен работать не только в лаборатории, но и в реальной носке — и именно это предстоит проверить на следующих этапах испытаний.

Результаты исследования опубликованы в статье *Designing New Polyurethane-Based Solid Polymer Electrolytes for Flexible Solid-State Supercapacitors*.

Подготовили Анна Грищенко,
Диана Антонова, студентки 3-го курса
отделения журналистики ГИ НГУ
Фото предоставлено
исследователями



Лабораторная сборка твердотельного суперконденсатора: образец с полимерным электролитом подготовлен к электрохимическим испытаниям

На кого охотились в Денисовой пещере

Ученые из Института археологии и этнографии СО РАН провели анализ более 158 тысяч фрагментов зубов и костей из Денисовой пещеры. Он позволил восстановить рацион древних людей и историю этого места за 300 тысяч лет. Выяснилось, что главной добычей были олени и косули, а пещера выступала домом поочередно для человека и хищников. Статья об этом опубликована в журнале «Археология, этнография и антропология Евразии».



Астрагал пещерного льва (1), вторая фаланга кяхтинского винторога (2) и фрагмент челюсти гигантского оленя (3)



1 — Фрагмент нижней челюсти пещерной гиены *Crocota spelaea*; 2 — половая кость бурого медведя *Ursus arctos*; 3 — первая фаланга лошади Оводова *Equus ovodovi*; 4 — проксимальный конец лучевой кости гигантского оленя *Megaloceros giganteus*; 5 — астрагал шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis*; 6 — пяточная кость марала *Cervus elaphus sibiricus*; 7 — центральнокубовидная кость бизона *Bison priscus*; 8 — астрагал бизона *B. priscus*; 9 — большеберцовая кость снежного барса *U. uncia*

Чтобы понять, как жили древние люди, чем они занимались, как охотились и в каких природных условиях существовали, археологи изучают не только орудия труда, керамику или оружие. Не менее важны массовые находки, которые редко показывают в музеях. Прежде всего, это кости животных. Такие остатки можно назвать кухонными отходами древних людей. Они накапливались там, где человек жил долгое время: на стоянках и поселениях. Именно такие материалы много лет исследуют специалисты в Денисовой пещере — одной из древнейших известных стоянок человека на Алтае.

В разные периоды в Денисовой пещере обитали сразу три группы древних людей: денисовцы, неандертальцы и ранние современные люди. Денисовцев впервые открыли именно по находкам отсюда и сегодня рассматривают как отдельную ветвь древнего человечества. Отложения в пещере формировались слой за слоем на протяжении примерно 300 тысяч лет. Коллекция костных остатков насчитывает несколько сотен тысяч образцов. При этом исследование, о котором идет речь, охватывает лишь небольшую часть пещеры — восточную галерею. За десять лет работ ученые собрали, описали и проанализировали более 150 тысяч костных остатков, изучая каждую находку отдельно. Во время раскопок археологи фиксируют, на какой глубине и в каком участке была сделана находка, после чего отправляют ее в лабораторию в Новосибирске. Основные работы на этом участке велись с 2005 по 2016 год, и за один полевой сезон ученые собирали от тысяч до десятков тысяч костных фрагментов.

В лаборатории материалы изучает палеонтолог, который определяет, каким животным принадлежали кости. Большая часть находок представляет собой сильно фрагментированные остатки, поэтому часто удается установить лишь семейство или примерный размер животного. Наиболее надежным материалом остаются зубы: их строение уникально для каждого вида и они хорошо сохраняются. Дополнительную информацию дают суставы, кости конечностей и другие сравнительно целые элементы скелета. Этого достаточно, чтобы проследить изменения видового состава животных от слоя к слою и реконструировать историю использования пещеры. По этим данным ученые смогли установить, что древний Алтай заметно отличался от современного как по климату, так и по животному миру.

«Сейчас на Алтае в основном растут сосново-березовые леса, а в то время, о котором мы говорим, они были совсем другие — широколиственные. Там росли дуб, бук, граб, лещина. Это больше похоже на то, что сейчас можно увидеть на Кавказе, то есть климат был значительно теплее. Животные тоже были другими, в основном лесные: разные виды оленей, косуль. Они и являлись главной добычей древних людей. На костях таких животных часто видны следы разделки: порезы, раскалывание, следы обжига. Примерно 160–150 тысяч лет назад ситуация меняется. Люди стали реже приходить в пещеру, а в отложениях всё чаще появляются кости, накопленные уже в основном хищниками. По слоям видно, как трансформировалась история использования пещеры. Самые ранние обитатели — это денисовцы. Они были охотниками на лес-

ных животных. Это подтверждается и костями, и данными ДНК», — рассказывает ведущий научный сотрудник ИАЭТ СО РАН доктор исторических наук Максим Борисович Козликин.

Примерно от 300 до 10–12 тысяч лет назад, в плейстоцене, рядом с пещерой жили животные, которых сейчас уже нет, например бизон и шерстистый носорог. Пока точно неизвестно, охотились ли люди на носорогов. Возможно, они находили уже погибших животных и использовали туши. Прямых следов охоты, например пробитых наконечниками костей, ученые пока не нашли. Однако то, что люди разбивали туши и использовали мясо и кости, точно видно по следам порезов на костях.

«Большинство найденных костей были раздроблены людьми. Судя по следам на поверхности, их разбивали каменными орудиями, чтобы добраться до костного мозга. Особенно ценился желтый костный мозг, находящийся в крупных трубчатых костях животных. Это один из самых питательных продуктов животного происхождения: он богат жирами и витаминами и долго сохраняется внутри кости. По сути, такие кости служили своеобразными природными консервами. Именно поэтому в слоях Денисовой пещеры археологи находят огромное количество костных осколков», — отмечает Максим Козликин.

Неожиданным для ученых оказалось то, что в Денисовой пещере обнаружили следы разделки человеком хищников. Подобные случаи известны по материалам из Западной Европы — Франции и Германии, где в эпоху неандертальцев и верхнего палеолита люди изредка охотились или употребляли в пищу хищных животных, однако это считалось редко-

стью. В Денисовой пещере обнаружены кости медведя и волка со следами порезов. Эти находки показывают, что древние обитатели Алтая для охоты использовали не только традиционные объекты, но и хищников. Для региона это первое подобное подтверждение.

При этом люди были не единственными обитателями Денисовой пещеры. В разные периоды ее занимали пещерные медведи, гиены и волки. Некоторые из этих животных давно вымерли, однако многие виды, жившие здесь в плейстоцене, сохранились на Алтае до наших дней, например бурые медведи. Следы на костях и состав находок показывают, что пещера поочередно служила убежищем то людям, то крупным хищникам, которые приходили сюда в периоды отсутствия человека.

Именно такие наблюдения позволяют реконструировать рацион древних людей и смену природных условий и обитателей пещеры на протяжении сотен тысяч лет. Для Алтая это исследование стало первым по масштабу — такой объем материалов раньше здесь не обрабатывался. Коллекция из восточной галереи оказалась крупнейшей среди всех изученных участков. Это самая большая зооархеологическая работа по региону за многие годы. Она подтвердила выводы предыдущих исследований и дала новые данные об этапах присутствия человека и животных в пещере.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 24-78-10006.

Ирина Баранова
Фото предоставлены
исследователем; иллюстрация
сгенерирована нейросетью

В центре «Геосфера» показали новые разработки для исследования недр

В Исследовательском центре «Геосфера» показали новые технологии, которые помогают точнее изучать породы и выбирать эффективные решения для разработки месторождений. Среди них — установка для испытаний материалов в условиях, близких к пластовым, методы цифрового моделирования и исследования свойств пластовых флюидов.



С. А. Калинин



Н. Смирнова в лаборатории PVT-исследований



Д. Ю. Глушков

Чтобы повысить эффективность добычи, специалистам важно заранее понимать, как устроено месторождение и как породы будут реагировать на различные технологии воздействия. В основе исследований «Геосферы» лежит комплексное изучение керн — образцов пород, поднятых из скважин. Именно по ним специалисты восстанавливают строение пласта, оценивают его свойства и затем переносят полученные данные в цифровую среду.

Испытать технологию до выхода на месторождение

Ученые «Геосферы» разработали и применяют установку для испытаний материалов в условиях, близких к пластовым. Она помогает подобрать оптимальные материалы для гидроразрыва пласта (ГРП) — технологии повышения добычи нефти. Во время ГРП под высоким давлением в породу закачивают жидкость, которая создает сеть трещин, а затем заполняют их пропантом — гранулированным материалом, удерживающим трещины открытыми и обеспечивающим приток нефти к скважине. Однако стандартные методы испытаний не всегда позволяли оценить, как разные материалы будут работать в условиях конкретного месторождения.

«Когда мы начинаем добывать нефть, значительная ее часть, около 70 %, всё равно остается в пласте. Наша задача — повысить коэффициент извлечения нефти. Для этого мы моделируем пластовые условия и испытываем разные технологии. Например, газовые методы увеличения нефтеотдачи: закачиваемый газ делает нефть более подвижной, и ее становится легче извлекать из породы. Здесь мы подбираем параметры, чтобы понять, для какого месторождения такая технология будет наиболее эффективной», — рассказывает начальник отдела специальных исследований центра «Геосфера» **Станислав Александрович Калинин**.

Чтобы подобрать подходящий материал, специалисты проверяют, насколько эффективно пропант выдерживает нагрузку, не разрушается ли под давлением и насколько хорошо пропускает флюиды. Для этого они создают модель трещины: берут два образца породы, размещают между ними пропант и прокачивают через него жидкость, имитируя реальные условия в пласте. В некоторых случаях, когда порода недостаточно прочная, используют пропанты со специальным покрытием.

Они помогают создать более устойчивую структуру внутри трещины. Специалисты воспроизводят условия конкретного месторождения, температуру и давление, и оценивают, насколько такой материал сохраняет прочность и эффективность. В результате можно подобрать оптимальный пропант для конкретной залежи.

«На установке мы воспроизводим условия пласта и изучаем, как ведет себя порода при взаимодействии с пропантом. Эти данные затем используются в цифровых моделях, которые позволяют спрогнозировать эффективность технологии, объемы добычи и экономическую целесообразность ее применения. В условиях, когда запасы становятся всё сложнее, такие исследования помогают создавать новые подходы к разработке месторождений», — отмечает Станислав Калинин.

Первые результаты применения установки получили при подготовке операций на Чонской группе месторождений в Якутии. Для условий с аномально низкой температурой специалисты выбрали пропант, который сохранил прочность в пласте, обеспечил устойчивость трещин и помог повысить эффективность добычи. В дальнейшем оборудование планируют применять при разработке решений для других месторождений Восточной и Западной Сибири.

Перенести пласт в цифровую среду

Специалисты работают сразу в двух направлениях: исследуют реальные образцы пород и создают их цифровые копии. Для этого керн сканируют на томографе и дополняют модель данными о свойствах породы: ее способности пропускать жидкости, прочности и других характеристиках. Уже сегодня исследователи начинают получать исходные характеристики для разработки месторождений в цифровом керне.

«Чтобы сделать цифровую модель максимально точной, используют рентгеновскую компьютерную томографию. Она выполняет съемку небольших образцов породы. Физика здесь проста: чем меньше объект исследования, тем выше можно получить разрешение. Несмотря на то, что исследуется небольшой образец, полученные данные затем масштабируются на более крупный объем керна и используются при построении цифровой модели. После создания цифрового керна можно проводить различные лабораторные исследования уже в цифровой среде. Главное преимущество цифровой модели в том, что на одном и том же объекте можно многократно проводить неограниченное количество экспериментов и сравнивать их результаты без необходимости

каждый раз выполнять новые физические исследования», — комментирует начальник отдела физики пласта исследовательского центра «Геосфера» **Денис Юрьевич Глушков**.

Одно из направлений такой работы — лаборатория микрофлюидики. Здесь используют специальные чипы размером 1 на 2 сантиметра. На нем воспроизводится поровое пространство породы в уменьшенном виде, что позволяет наблюдать, как через нее проходят нефть, вода и газ. Такие исследования помогают понять, как ведут себя флюиды внутри пласта. При этом фильтрационные эксперименты — одни из самых длительных: один опыт может занимать несколько месяцев. Использование цифровой модели на чипе позволяет проводить такие исследования быстрее и эффективнее. «Если делать это только в лаборатории, каждый эксперимент занимает несколько недель, а вся работа может растянуться на год-полтора. В цифровой среде можно быстро менять параметры модели и выбирать наиболее эффективное решение, ускоряя исследования в десятки раз», — добавляет Станислав Калинин.

Развитие этого направления продолжается. Если рентгеновская компьютерная томография сегодня позволяет получать разрешение до одного микрона, то с вво-



Исследовательский центр «Геосфера»



Специалисты центра «Геосфера» работают с установкой для испытаний материалов в условиях, близких к пластовым

дом в эксплуатацию Сибирского кольцевого источника фотонов станет возможным проводить исследования с разрешением до 200 нанометров. Это позволит еще глубже изучать трудноизвлекаемые запасы и эффективнее разрабатывать новые технологии их освоения.

Понять поведение нефти в недрах

Однако для эффективной разработки недостаточно знать только строение породы — важно понимать, как сама нефть будет вести себя в пласте. Помимо изучения кернов специалисты «Геосферы» исследуют флюиды — нефть, газ и пластовую воду. Для этого в лаборатории PVT-исследований (от англ. Pressure, Volume, Temperature — давление, объем, температура. — Прим. ред.) воспроизводят высокие давление и температуру, в которых углеводороды находятся глубоко под землей. На поверхности нефть отличается от той, что находится в пласте. При изменении давления и температуры меняются ее свойства: из нефти может выделяться газ, а отдельные компоненты могут выпадать в осадок и снижать эффективность добычи. Поэтому перед применением технологий увеличения нефтеотдачи специалисты проверяют, как пластовый флюид будет вести себя в разных сценариях.

Один из примеров таких исследований — оценка совместимости нефти с закачиваемым газом. «Флюид может по-разному реагировать на закачиваемый газ. Например, в нефти есть тяжелые компоненты — асфальтены, которые при неблагоприятном взаимодействии могут выпадать и снижать проницаемость пласта. Поэтому сначала мы моделируем этот процесс в лаборатории и проверяем, как будут взаимодействовать нефть и газ», — рассказывает начальник отдела хроматографических и геохимических исследований исследовательского центра «Геосфера» **Наталья Смирнова**.

Для таких исследований в лабораторию поступают глубинные пробы — образцы нефти и газа, отобранные непосредственно в условиях пласта. В них сохраняют первоначальные давление и температуру, чтобы максимально точно воспроизвести условия месторождения. Полученные данные становятся основой для цифровых моделей разработки: специалисты могут спрогнозировать, как будет изменяться добыча, какое давление необходимо поддерживать в пласте и какие технологии будут наиболее эффективными.

Ирина Баранова

Фото предоставлены пресс-службой «Газпром нефти»



Работа на чипах в лаборатории микрофлюидики

Улучшен классический процесс производства серы из сероводорода

Специалисты ФИЦ «Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН» и промышленной экосистемы Группа компаний «Энергосила» разработали и запатентовали методику, повышающую эффективность процесса Клауса — извлечения серы из сероводорода, полученного при переработке углеводородного сырья. Новая технология значительно улучшает продуктивность процесса, снижает его стоимость и в несколько раз сокращает объем вредных выбросов в атмосферу.



Сера

Сера как сырье применяется в производстве минеральных удобрений, шин, в металлургии, медицине и других областях. Для ее получения из сероводорода, продукта нефте- и газопереработки, традиционно используют процесс Клауса, изобретенный в конце XIX века и внедренный в промышленность в 1930-х годах. Первая его стадия — высокотемпературное термическое окисление при 1000–1300 °С, вторая — низкотемпературная каталитическая конверсия при 220–350 °С с использованием катализаторов на основе оксидов алюминия или титана. С помощью этого процесса производится практически вся сера в мире — 80–85 млн тонн ежегодно, из которых на долю России приходится порядка 5 млн тонн.

Процесс Клауса имеет ограниченную эффективность — потери серы, в основном, в форме диоксида, который попадает в атмосферу и загрязняет ее, составляют около 4 %. Ученые из Института катализа СО РАН совместно с коллегами из компании «Энергосила» предложили технологию, которая повышает выход целевого продукта до 99,5 % и может сократить выбросы в 8 раз — с 4 % до 0,5 %.

Для улучшения традиционной технологии химики и инженеры использовали разработанную в ИК СО РАН модификацию — двойной реверс-процесс Клауса. Установка включает три реактора, в каждом из которых периодически изменяется направление движения реакционного газа. Такой реверс потока проводят на двух уровнях — отдельно в центральном реакторе и в целом по всей схеме.

Модификация позволяет полностью отказаться от промежуточного нагрева газа между реакторами — это открывает возможность существенно сократить энергоемкость процесса и исключить из схемы дорогостоящие теплообменники. Стоимость производства может снизиться почти на треть — процесс оказывается дешевле, чем исходная технология. Еще одно преимущество в плане снижения стоимости заключается в использовании уже существующих на рынке отечественных катализаторов.

«Новая версия процесса решает важную и распространенную в промышленной практике проблему — снижение степени извлечения серы при колебаниях состава газа. Мы предложили добавить в реакторы слои катализатора селективного окисления сероводорода и дозированно подавать между ними небольшие порции воздуха. Это позволяет достигать степени извлечения серы до 99,5 % даже при колебаниях состава газа, при этом, по предварительным оценкам, расходы на осуществление процесса будут как минимум на 20–30 % ниже, чем при использовании распространенных в мире технологий с аналогичным уровнем извлечения серы», — рассказывает ведущий научный сотрудник отдела технологии каталитических процессов ИК СО РАН доктор технических наук **Андрей Николаевич Загоруйко**.

Руководитель направления инновационных разработок экосистемы «Энергосила» **Дмитрий Вадимович Ганюшкин** отмечает, что улучшить процесс решили в том числе и для снижения зависимости от импорта. «Компания не первый год сотрудничает с Институтом катализа СО РАН в рамках реализации технологии «Дирокс», которая позволяет безопасно утилизировать сероводород на предприятиях. Мы столкнулись с масштабными ограничениями, когда объемы газа колоссальны, и для них требуется использовать процесс Клауса. Все крупные установки были поставлены на российские предприятия из-за рубежа, и мы решили совместно с учеными развить отечественные технологии для реализаций этого процесса», — говорит он.

Эксперт добавляет, что «Энергосила» планирует развивать технологию на всем нефтегазовом рынке России: «Экономические ожидания следующие — активное внедрение процесса в проекты заказчика, строительство и запуск данных установок».

Текст и фото пресс-службы ФИЦ ИК СО РАН

ОТ РЕДАКЦИИ

Уважаемые читатели!

Редакция «Науки в Сибири» переехала на Морской проспект, 2. Стойка с номерами газеты осталась по прежнему адресу — проспект Ак. Лаврентьева, 17. Обращаем ваше внимание, что вход в здание на Морском проспекте, 2 режимный, для посещения редакции необходимо договариваться о встрече по тел. (383) 238-34-37 и иметь при себе документ, удостоверяющий личность.

Уважаемые читатели!

В нашей газете и на сайте нашего издания www.sbras.info мы регулярно публикуем ответы ученых на вопросы, которые вы нам присылаете, в рубрике «Вопрос ученому».

Напоминаем, что задать вопрос ученому можно на нашем сайте в разделе <https://www.sbras.info/form/zadayte-vopros-uchyonomu> либо прислать его нам по e-mail: presse@sb-ras.ru, media@sb-ras.ru. Мы передадим ваш вопрос нужному специалисту и опубликуем ответ в «Науке в Сибири».



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

Сайт «Науки в Сибири»
www.sbras.info

КОНФЕРЕНЦИЯ

В Бурятии обсудили вопросы плазменной эмиссионной электроники

В Бурятии состоялся VIII Международный Крейнделевский семинар «Плазменная эмиссионная электроника», традиционно проходящий на Байкале. Мероприятие проводится раз в три года, и его цель — обсуждение и обмен новыми результатами фундаментальных и прикладных исследований по перспективным плазменным процессам, эмиссии заряженных частиц из газоразрядной плазмы, созданию и применению электровакуумного пучково-плазменного оборудования и установок, разработке функциональных слоев и покрытий, новых технологий их получения на основе применения электронных и ионных пучков и газоразрядной плазмы.



Участники семинара

Организаторами семинара выступили Институт физического материаловедения СО РАН (Улан-Удэ), Институт сильноточной электроники СО РАН (Томск), Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск) и Институт электрофизики УрО РАН (Екатеринбург). Официальный партнер мероприятия — Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.

К началу работы семинара издан сборник докладов. В предисловии издания опубликовано эссе «Помним его таким...», в котором представлены биографические сведения о лауреате Государственной премии России в области науки и техники, профессоре кафедры физики Полоцкого государственного университета им. Евфросинии Полоцкой (Новополоцк, Беларусь), профессоре, докторе технических наук **Владимире Алексеевиче Груздеве**.

Опубликованные в сборнике докладов материалы свидетельствуют о том, что научные задачи по фундаментальным и прикладным проблемам плазменной эмиссионной электроники в 2024–2026 годах решались успешно. Публикации не претендуют на полный охват выполненных исследований, но дают определенное представление о научных приоритетах в области плазменной эмиссионной электроники, устанавливают ряд общих закономерностей физической природы разрядов и плазменных процессов и явлений.

Фундаментальные исследования в области плазменной эмиссионной электроники приобрели особое значение

в связи с широким практическим выходом их результатов на создание новых функциональных покрытий, передовых технологий модификации материалов на основе применения электронных и ионных пучков и газоразрядной плазмы, современного электровакуумного оборудования, видов техники и технологий нового поколения на основе плазменных эмиттеров заряженных частиц и генераторов плазмы. Характер результатов, опубликованных в сборнике докладов семинара, отвечает на большие вызовы, обозначенные приоритетным направлением пункта Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, связанного с переходом к новым материалам и способам конструирования, а также с технологией создания новых материалов с заданными свойствами и эксплуатационными характеристиками. Это издание будет полезно специалистам по газовым разрядам, плазменным источникам заряженных частиц, генераторам плазмы, электронным, ионным и плазменным технологиям, физическому материаловедению, аспирантам и студентам-физикам.

На открытии семинара участники прослушали фрагмент записи с напутствующим выступлением советского физика, профессора, доктора технических наук **Юлия Ефимовича Крейнделя**, известного в нашей стране и за рубежом основателя научного направления плазменная эмиссионная электроника.

На семинаре заслушали и обсудили 48 докладов представителей 24 научно-исследовательских институтов и вузов.

В рамках мероприятия прошла школа молодых ученых «Крейнделевские чтения», где выступили молодые исследователи. Лучшие доклады молодых ученых до 35 лет были отмечены дипломами и поощрены премиями.

Завершился семинар круглым столом, главной темой которого стали перспективы развития плазменной эмиссионной электроники. По решению участников мероприятия, очередной, IX Международный Крейнделевский семинар «Плазменная эмиссионная электроника» состоится в 2029 году и традиционно пройдет в Бурятии, на озере Байкал.

Участники семинара отметили высокий уровень организации научного мероприятия и слаженную, ответственную работу локального организационного комитета Института физического материаловедения СО РАН.

В Улан-Удэ для участников семинара организовали экскурсию по историческим местам города. Также они посетили Этнографический музей народов Забайкалья, Музей научного наследия и хранилище центра восточных рукописей и ксилографов Института монголоведения, буддологии и тибетологии СО РАН.

**Председатель
программного организационного
комитета семинара, профессор,
доктор технических наук
Александр Петрович Семенов,
ИФМ СО РАН**

Фото предоставлено
оргкомитетом семинара