



Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издаётся с 1961 года • 27 августа 2026 года • № 33 (3547) • 12+



Технопром-2026



Новость

XIII Международный форум технологического развития «Технопром-2026»

26–28 августа в МВК «Новосибирск Экспоцентр» проходит XIII Международный форум технологического развития «Технопром-2026». Ключевая тема форума нынешнего года — «Российская наука — основа технологического лидерства».

«В ее рамках участники обсудят ход реализации национальных проектов технологического лидерства, “Молодежь и дети”, достижения отечественной науки и высокотехнологичной промышленности, а также создание и внедрение в экономику важнейших наукоемких технологий», — сказано в приветствии заместителя главы Правительства РФ Дмитрия Николаевича Чернышенко.

Губернатор Новосибирской области Андрей Александрович Травников отметил, что НСО, являясь одним из ведущих научно-инновационных центров России, стала ключевой площадкой для объеди-

нения усилий всех регионов в достижении этих амбициозных целей. Основная задача «Технопрома-2026» — организовать широкое обсуждение комплекса мероприятий, обеспечивающих технологический прорыв страны: перспектив запуска и использования ЦКП СКИФ для развития отечественной науки и экономики, формирование новой научно-исследовательской инфраструктуры и ускоренное внедрение в экономику результатов научных исследований, кадровое обеспечение приоритетных отраслей, увеличение инвестиций в сферу науки со стороны государства и бизнеса, вовлечение талантливой молодежи в научную, научно-технологическую и инновационную деятельность, привлечение к сотрудничеству в научно-образовательной и научно-технологической сферах партнеров из дружественных стран, развитие международных торгово-экономических связей.

Три дня форума посвящены науке, технологиям и решениям, которые фор-

мируют будущее страны. Мероприятия разделены на десять треков деловой программы — от мегасайнс, искусственного интеллекта и автоматизации процессов до медицины будущего, новых материалов и подготовки кадров. Пленарное заседание посвящается роли установок класса мегасайнс в реализации национальных проектов технологического лидерства. Кроме того, в рамках «Технопрома-2026» проходят Сибирская венчурная ярмарка, форум «Россия — Африка», Национальный форум трансфера технологий и другие мероприятия-спутники.

Сибирское отделение Российской академии наук традиционно входит в число организаторов этого масштабного мероприятия, принимая участие в дискуссиях и обсуждениях, а также представляя достижения академических институтов Сибири на традиционной выставке.

 **HBC по материалам «Технопрома-2026»**

Поздравление

Дорогие друзья, коллеги!

Скоро на нашем календаре будет первый и самый важный день сентября. Россия — одна из восьми стран мира, отмечающая начало учебного года как национальный праздник. Все остальные семь государств — бывшие республики СССР. Это подчеркивает историческую значимость советской модели образования, бывшего одной из коренных ценностей общества. Выпускники советских школ и вузов построили и запустили луноход, космический корабль «Буран» и космическую станцию «Мир», открыли огромные месторождения в Сибири, совершили фундаментальные открытия во всех областях науки, а в наше время — наперекор всем трудностям создали СКИФ и гелиогеофизический комплекс в Прибайкалье. И неслучайно сегодня на весьма высоком уровне обсуждается перспектива отказа, хотя бы частичного, от тестовой системы оценки знаний и перехода к более персонализированному, как прежде, критериям успешности выпускников-абитуриентов. Без выявления и развития талантливых школьников страна не получит вдохновенных студентов и, как следствие, — исследователей и инженеров мирового уровня.

Российская академия наук и ее Сибирское отделение были, продолжают быть и будут активными субъектами образовательного процесса. Экспертиза РАН становится обязательной для школьных и вузовских учебников, академические институты и их сотрудники сами создают таковые — следует назвать, к примеру, «Байкаловедение» для 5–7-х классов от наших иркутских коллег. Становятся на крыло базовые школы РАН. Академия участвует в олимпиадном движении, сотрудники институтов СО РАН преподают в специализированных физико-математических и других школах Сибири, не говоря уже об университетах. Сибирское отделение активно продвигает образовательные проекты «КЛАССный ученый» и «Академический час для школьников». Эти и многие другие факты вселяют надежду на то, что российская наука будет, поколение за поколением, пополняться ценнейшим человеческим капиталом.

Начиная с Михаила Ломоносова Академия непредставима без гимназии, где «науки юношей питают». Живое наследие Михаила Лаврентьева — физматшколы и светила науки на университетских кафедрах. Потому что каждый настоящий ученый — вчерашний студент и позавчерашний школьник.

Knowledge is power, знание — сила! С Днем знаний!

**И. о. председателя СО РАН
академик Д. М. Маркович**

**Главный ученый секретарь СО РАН
член-корреспондент РАН
А. А. Тулунов**

Члену-корреспонденту РАН Евгению Викторовичу Карпову — 50 лет

Глубокоуважаемый Евгений Викторович!

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления тепло и сердечно поздравляют Вас с 50-летием.

Окончив Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Вы начали свою научную деятельность в Институте гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, где последовательно прошли все ступени от аспиранта до заведующего лабораторией моделирования гетерофазных материалов, а в 2022 году были избраны членом-корреспондентом Российской академии наук.

Результаты Вашей научной деятельности нашли отражение в обширном

списке научных публикаций, в том числе монографий, которые хорошо известны отечественным и зарубежным специалистам в области экспериментальной механики деформируемого твердого тела. Большой вклад внесен Вами в развитие современных экспериментальных методов по исследованию процессов деформирования и разрушения неоднородных материалов и конструкций, в частности выполнен цикл работ по исследованию необратимого деформирования и разрушения как при простом, так и сложном нагружении материалов с локализацией необратимого деформирования при сложном нагружении. Полученные Вами результаты находят практическое применение при физическом моделировании механических свойств лазерных сварных соединений современных авиационных

алюминиево-литиевых и титановых сплавов от изменений их структурно-фазового состояния при различных видах постсварочной обработки.

Ваш талант, труд и активная деятельность в научной, организационной и педагогической сферах заслуженно отмечены многочисленными поощрениями и наградами. Научно-организационную работу Вы успешно сочетаете с педагогической деятельностью в Новосибирском национальном исследовательском государственном университете, являетесь исполняющим обязанности заведующего кафедрой механики твердого тела.

Ваши деловые качества органически сочетаются с доброжелательностью и отзывчивостью неравнодушного человека и вызывают искреннее уважение и доверие коллег и друзей.

Выражая свою признательность и глубокое уважение, искренне желаем Вам, дорогой Евгений Викторович, много больших свершений и успехов. Желаем Вам неугасающих творческих сил и энергии, неисчерпаемого оптимизма и упорства, здоровья и счастья Вам и Вашим близким.

И. о. председателя СО РАН
академик РАН Д. М. Маркович

Председатель ОУС СО РАН
по энергетике, машиностроению,
механике и процессам управления
академик РАН С. В. Алексеенко

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

НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

Ученые выяснили, как древний магматизм повлиял на нефтегазоматеринские породы в северо-восточной части Сибирской платформы

Ученые из Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН изучили состав древних горных пород и остатков микроорганизмов на севере Якутии, чтобы выяснить, можно ли найти в этой области нефть или газ. Исследование опубликовано в журнале «Геология и геофизика».

В основе исследования находятся образцы горных пород, которые ученые отобрали из геологического обнажения древней осадочной последовательности вендского периода (более 500 миллионов лет назад) — средней подсвиты хараутэксской свиты. Образцы взяли в районе Чекуровской антиклинали на севере Якутии — в зоне сочленения Сибирской платформы и Верхоянской складчатой области, недалеко от побережья моря Лаптевых. Это одна из наиболее слабоизученных территорий Восточной Сибири, где давно ведутся споры о возможности существования залежей нефти и газа.

Сначала исследователи измерили, сколько в породах сохранилось органического, некарбонатного, углерода, то есть остатков древней жизни. Сейчас содержание такого углерода достигает 2,6 %. В обычных карбонатных породах (например, в известняках) его концентрации, как правило, на порядок меньше — всего 0,2 %. Но, как рассказывает научный сотрудник ИНГГ СО РАН кандидат геолого-минералогических наук **Дмитрий Сергеевич Мельник**, полагаться на эти цифры стоит с осторожностью: «Изученные нами породы сильно преобразованы как в катагенезе, так и под влиянием магматизма, поэтому современное содержание органического углерода в них существенно снижено. Изначально это были толщи, обогащенные органикой, и этого органического вещества было достаточно для генерации промышленных скоплений нефти и газа».

Поясним, что под катагенезом подразумевается степень преобразования органики под действием температуры и давления. Чтобы выяснить, чем именно было образовано древнее органическое вещество, ученые использовали различные физико-химические методы. Особое внимание было уделено изучению органических молекул-отпечатков. Это такие вещества, которые сохраняются в осадочной летописи от живых организмов, живших сотни



Схема района исследования и точек отбора проб в устье реки Бискеебит; показаны основные геологические подразделения и разломные структуры (красный треугольник — положение разреза)

миллионов лет назад. Проанализировав состав и распределение этих молекул, а также соотношение изотопов углерода, исследователи получили однозначный ответ: основным источником органического вещества были бактерии и водоросли, а осадки накапливались в типовом морском бассейне с нормальной соленостью. Такой тип органического вещества — классический материал для образования нефти.

Следующим этапом ученые оценили, насколько сильно изменилось органическое вещество под землей за миллионы лет. Для этого использовали комплекс независимых методов, чтобы получить самые точные результаты. Прежде всего, исследователи ориентировались на результаты пиролиза — это нагрев породы без кислорода, моделирующий природное созревание органики в породах и отражающий степень ее реального преобразования на сегодняшний день. Детально исследовали состав и распределение углеводородов-биомаркеров (молекулярных отпечатков) и их различных изомеров. Комплексный анализ данных показал, что органическое вещество находится в начале глубинной зоны газообразования. Это значит, что породы уже прошли главную зону нефтеобразования и генерировали жидкую нефть, но еще не дошли до самой последней стадии, когда органика разрушается окончательно.

Особое внимание в исследовании ученые уделили магматизму. В том месте, где брали образцы, есть мощный слой, около 60 метров, образовавшийся из

расплавленной горной породы — диабазов. Это внедрение раскаленной магмы в осадочную толщу произошло еще в кембрийском периоде (около 540 миллионов лет назад). Дмитрий Сергеевич объясняет это так: «Земная кора состоит из литосферных плит, находящихся в постоянном движении. В зонах субдукции, где одна плита погружается под другую, возникают вулканы и высокотемпературные процессы. Из глубин поднимается раскаленная магма, которая внедряется в толщу осадочных пород. По геологическим меркам этот процесс протекает быстро и приводит к термическому разрушению органического вещества. Вместо того чтобы со временем преобразоваться в углеводороды (нефть и газ), органика окисляется до углекислого газа и воды. Таким образом, потенциал породы выступать в роли нефтематеринской полностью утрачивается». В породах, находящихся в непосредственной близости с этим магматическим телом, сохранилась лишь остаточная органика. Верхняя часть изученного разреза потеряла свой нефтегазоматеринский потенциал уже в самом начале палеозойской эры, а нижняя часть реализовала его в полной мере.

Геологи дают четкий прогноз. В древних породах на севере Предверхоанского прогиба можно рассчитывать на густую, вязкую нефть и твердые битумы (похожие на асфальт). Причем эти битумы образовались из той самой органики, которую изучали ученые. Присутствие залежей газа и легких нефтей маловероятно, учитывая

сложную геологическую историю региона, в том числе внедрение магматических тел в осадочную толщу. Но есть и хорошие новости. Результаты исследования подсказывают, куда стоит двигаться дальше и где бурить новые скважины. Дмитрий Сергеевич поделился: «Геолог должен быть всегда оптимистом. Мы надеемся, что севернее и северо-восточнее, ближе к Лено-Анабарскому прогибу и шельфу Карского моря, осадочные отложения меньше пострадали от магматизма. Там есть и нефтематеринские породы хорошего качества, и породы, которые могут накапливать нефть (коллекторы), и так называемые флюидопоры — породы, через которые нефть и газ не могут пройти. Так что там можно ожидать залежи легкой нефти, газа, газоконденсата».

Исследование напрямую связано с освоением Российской Арктики. Как отмечает ученый, «перед российской наукой стоит задача освоить арктические территории, и наши геохимические исследования — это часть региональных геологоразведочных работ в пределах слабоизученных районов». Без таких данных любое бурение было бы практически вслепую. Результаты исследования позволяют снизить риски и не бурить там, где заведомо пусто.

Анастасия Шамова, Диана Антонова,
студентки отделения журналистики
Гуманитарного института НГУ
Изображение предоставлено
исследователем

Ученые создали нейросеть для диагностики депрессии

Сотрудники Томского государственного университета, Научно-исследовательского института нейронаук и медицины, ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» и Новосибирского государственного университета создали графическую модель, позволяющую выполнять совместный анализ нейрофизиологических и генетических данных для классификации депрессии. Результаты работы опубликованы в журнале «Безопасность информационных технологий».

Это исследование — часть большого проекта «Склонность к депрессии и функциональная организация осцилляторных сетей мозга», который НИИ нейронаук и медицины начал еще в 2013 году по инициативе главного научного сотрудника НИИМ доктора биологических наук **Геннадия Георгиевича Князева**. Часть исследований по этому направлению проводилась совместно с ФИЦ ИЦИГ СО РАН. Задача проекта — выявить биомаркеры депрессии. Под биомаркерами понимаются генетические данные, а также данные электроэнцефалографии (ЭЭГ) и функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ). Проект был поддержан Российским фондом фундаментальных исследований.

За период между 2013 и 2019 годами ученым удалось собрать большую коллекцию данных, охватывающую территорию почти всей Сибири — от Алтайского края до Бурятии. Ученые обследовали более трех тысяч человек. У части испытуемых были взяты пробы крови и буккального эпителия (соскоб со слизистой щеки), записывалась ЭЭГ и проводили психологические опросы для установления психологических особенностей, включая выраженность симптоматики депрессии. Для ДНК, выделенной из крови и буккального эпителия, выполнили секвенирование по 164 локусам, на основе которого для каждого человека определяли генетические отклонения от так называемого референсного генома.

«Наша коллега, аспирантка Томского государственного университета из Индии **Неда Фироз**, придумала новый метод обработки этих данных с помощью системы графов — одной из разновидностей нейронных сетей. Он работает следующим образом: на вход мы задаем так называемую обучающую выборку, показываем, где здоровый человек, а где человек с депрессией, загружаем их генотипы и данные ЭЭГ. Машина учится отличать одного от другого. Затем мы создаем тестовую выборку только с генотипами и ЭЭГ, и нейросеть уже должна сама угадать, кто болен, а кто здоров», — рассказывает заведующий лабораторией психологической генетики ФИЦ ИЦИГ СО РАН, заведующий лабораторией дифференциальной психофизиологии НИИМ доктор философских наук **Александр Николаевич Савостьянов**.

Таким образом ученые обследовали 383 участника (349 контрольных и 34 человека с депрессией), для которых были доступны как данные ЭЭГ, так и генетические данные.

Точность основанного на графах подхода Неды Фироз оказалась существенно выше, чем те архитектуры нейронных сетей, которыми ученые пробовали пользоваться до этого. Если раньше точность распознавания депрессии составляла где-то 86 %, то здесь она оказалась выше 96 %. Более того, нейросеть давала меньше ложноотрицательных результатов, чем ранее апробированные модели. Это особенно ценно в контексте скрининга психологических заболеваний, где стоимость таких ошибок может быть высока: гораздо опаснее не выявить у человека депрессию, когда она есть, чем ошибочно поставить диагноз.

«Генетическая предрасположенность человека к депрессии может быть



установлена еще в момент рождения, но проблема в том, что, если использовать только генотип, точность предсказаний окажется очень низкой. На развитие депрессии огромное влияние оказывают обстоятельства жизни. ЭЭГ, наоборот, хорошо оценивает состояние испытуемого сейчас, в момент обследования, но этот показатель очень быстро меняется и не отражает долговременных особенностей человека. На него могут влиять голод, физическое самочувствие. В нашей практике был случай, когда анализ ЭЭГ выявил аномальное состояние мозга обследуемого. Это состояние оказалось вызвано тем, что человек пришел на запись ЭЭГ сразу после того, как ему удалили зуб. При совместном анализе генетических, нейрофизиологических и поведенческих данных надежность диагностики резко увеличивается», — отмечает Александр Савостьянов.

Исследователи подчеркивают: пока это больше фундаментальный научный

проект. Хотя результаты экспериментов внушают оптимизм, говорить о непосредственном клиническом применении еще рано. Одна из основных проблем заключается в стоимости секвенирования нуклеотидных замен — в свое время на генотипирование трех тысяч человек ушло порядка 45 миллионов рублей. К тому же надо очень осторожно обращаться с интерпретацией психогенетических данных, чтобы не получить ложных выводов.

«Мы занимаемся психологическими исследованиями с 2013 года, и какой-то простой однозначной связи между генотипом и депрессией до сих пор не находится, и, видимо, уже и не найдется. Эффект генотипа может оказаться очень сильно вариабельным в зависимости от внешних условий. Например, ранее мы показали, подтвердив уже известные из мировой литературы данные, что в различных регионах один и тот же генетический вариант аллеля транспортера серотонина может

быть ассоциирован как с пониженной, так и с повышенной склонностью к депрессии и тревожному расстройству», — говорит Александр Савостьянов.

В дальнейшем ученые планируют продолжать исследования с помощью графовой нейронной сети. Во-первых, необходимо проверить воспроизводимость результатов на данных из других выборок участников. Во-вторых, интересно посмотреть, будет ли эта нейросеть предсказывать синдром дефицита внимания и гиперактивности у детей (в коллекции проекта есть данные о детях с таким нарушением). Кроме того, некоторые зависимости, выявленные нейросетью, пока непонятны ученым. Необходимо выяснить: действительно ли они имеют место быть (и тогда чем объясняются) или возникли случайно?

Диана Хомякова
Иллюстрации сгенерированы нейросетью



Углеводороды в магматических системах. Что скрывают газовые пузырьки в древних минералах

Когда мы слышим слово «углеводороды», воображение рисует древние болота, останки динозавров и миллионы лет превращения органики в нефть и газ. Исследования специалистов из Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН заставляют взглянуть на классическую биогенную теорию иначе. Оказывается, глубоко под землей, в раскаленной до 1 200 градусов магме, существует сложный мир органических веществ, которые никогда не были частью живого организма.

Один из главных парадоксов, с которым сталкиваются специалисты, заключается в существовании сложных органических молекул при температурах, плавящих камень. Данные исследований позволяют ученым предполагать, что углеводороды в магме имеют абиогенную (неорганическую) природу. Они рождаются в ходе естественных химических реакций прямо в газовой фазе расплава.

Магма несет в себе не просто газ, а настоящий коктейль из более чем 300 соединений. Например, из алканов, сложных ароматических структур и даже спиртов, эфиров и кислот. Такие глубинные летучие фактически являются главным средством транспортировки углерода из мантии в земную кору и атмосферу. По мере подъема магмы к поверхности давление падает, газы начинают выделяться из расплава и в конечном итоге выходят через вулканы, где уже вблизи поверхности окисляются, превращаясь в привычные нам углекислый газ и водяной пар.

Именно поэтому вулканы долгое время оставались основным окном для изучения глубинных флюидов — так геологи называют смесь газов и жидкостей, присутствующих в магме. При этом значительная часть органических соединений в магме находится именно в газовой фазе. При высоких температурах и давлениях такие вещества легче переходят в летучее состояние и концентрируются в пузырьках газа внутри расплава.

Из-за этого исследователи в первую очередь анализируют именно газы. Многие видели, как в фильмах ученые наполняют емкости газом, закрывают их, а затем изучают содержимое в лаборатории. Раньше это был практически единственный способ работы с такими флюидами.

Проблема заключается в том, что при выходе на поверхность газ уже не сохраняет свой исходный состав. Он взаимодействует с горными породами и грунтовыми водами, а при резком падении давления быстро рассеивается в атмосфере, смешиваясь с воздухом.

Чтобы понять, что именно представляла собой магма на глубине десятков километров, ученые ищут способ обойти искажения, возникающие при выходе газов на поверхность. Таким решением стали своеобразные минеральные черные ящики — включения. По мере охлаждения магмы из расплава начинают формироваться кристаллы, и в этот момент они могут захватывать часть окружающего вещества, сохраняя его состав в неизменном виде. Так оказываются запечатаны внутри капли расплава или пузырьки газа — это и есть включения.

Под микроскопом ученые изучают минералы, внутри которых заключены включения — крошечные запечатанные капли древнего расплава или флюида. Внутри таких включений можно увидеть жидкость и пузырьки газа. Иногда эти пузырьки хаотично перемещаются внутри жидкости. Это не магия, а физический эффект Марангони: тепло от лампы микроскопа создает разницу температур на разных сторонах пузырька, меняя поверхностное натяжение жидкости и заставляя газ бегать внутри своей микроскопической тюрьмы. Для ученых это важный признак

того, что включение герметично и всё еще находится под давлением, а значит, газ сохранил свой первозданный состав.

Минералы, содержащие включения, позволяют доказать, что углеводороды действительно связаны с магмой, а не попали туда из обычных осадочных пород. Внутри таких минералов сохраняются пузырьки газа и капельки стекла — следы захваченного расплава. Это означает, что минерал кристаллизовался непосредственно в магме.

Долгое время геологи пользовались рамановской спектроскопией. Это метод, при котором в кристалл направляют лазер, а затем анализируют, как молекулы вещества рассеивают его свет. По характеру этого рассеяния можно определить состав газа. Это быстро, удобно и бесплатно, но метод видит только те вещества, которых в пузырьке много. Более того, есть еще один недостаток: под воздействием мощного лазерного луча сложные углеводы могут мгновенно разрушаться, превращаясь в углекислоту, CO_2 . В итоге редкие и сложные углеводороды, содержание которых может составлять сотые доли

процента, для него остаются практически незаметными.

Сибирские ученые применили принципиально новый подход — метод беспирилизной газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС). В отличие от рамановской спектроскопии, этот метод требует разрушения образца. Минерал дробят, чтобы вскрыть включения и высвободить заключенные в них газы.

Суть метода заключается в холодном механическом разрушении вещества. Необходимо разбить все пузырьки в потоке инертного газа гелия. Освобожденная смесь газов попадает в хроматографическую колонку, где разные молекулы разделяются в зависимости от их летучести. Датчик «взвешивает» каждую молекулу, определяя отношение ее массы к заряду и времени, за которое молекула долетела до датчика. Это позволяет получить уникальный «отпечаток пальца» каждого из 300 веществ.

В других лабораториях мира образцы часто нагревают, чтобы извлечь газ, но высокая температура сама по себе может изменить состав вещества. Холодное

дробление в замкнутой системе позволяет видеть картину максимально четко. Чувствительность прибора позволяет находить соединения в концентрациях 0,0001 мас. %.

Поскольку минералы кристаллизуются непосредственно из магмы и сохраняют сведения о ее составе, их изучение позволяет понять не только происхождение глубинных углеводородов, но и поведение самих магматических систем.

Зачем нам об этом знать? Такие исследования важны для фундаментальной науки. Изучение состава глубинных газов помогает лучше понять устройство нашей планеты и глобальный углеродный цикл. Глобальный круговорот углерода похож на бесконечное путешествие из океана вглубь Земли и обратно на поверхность через жерла вулканов. Начинается всё на морском дне, где из остатков ракушек и панцирей морских существ формируются карбонатные остатки. Тектонические плиты постоянно движутся, и когда одна плита заходит на вторую, она затягивает этот углерод в горячие недра планеты. Там под огромным давлением из осадков выделяются вода и углекислый газ, которые действуют как разжижитель. Они понижают температуру плавления камней, превращая их в жидкую магму. Огненный расплав, насыщенный газами и теми самыми глубинными углеводородами, устремляется вверх и через извержения возвращает углерод обратно в атмосферу, завершая цикл.

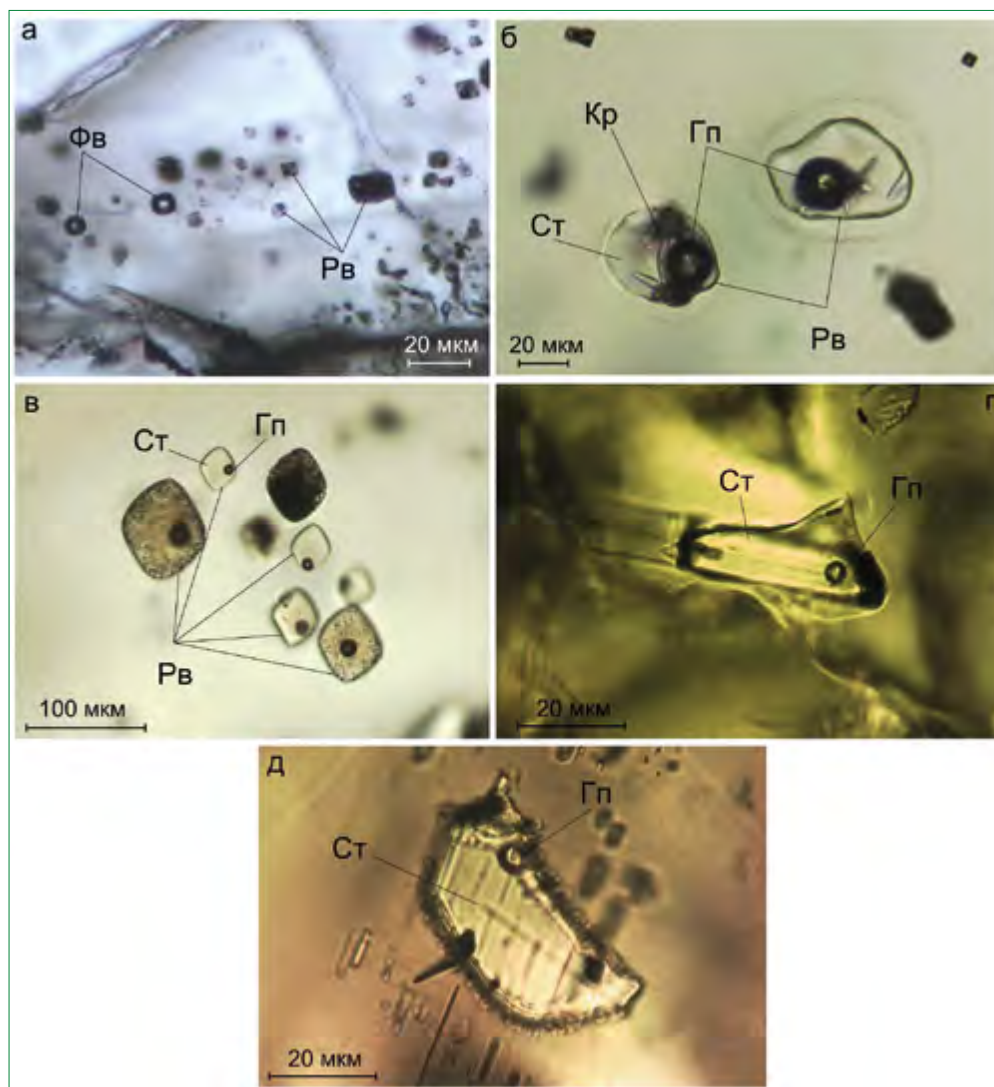
Состав газов напрямую зависит от места рождения расплава. В магмах, которые поднимаются из самых глубин мантии, доля органики во флюиде может достигать 92 отн. %. Однако в менее глубоких системах, например, когда расплавы образуются при плавлении мантии, это значение падает до 52 отн. %, зато содержание H_2O и CO_2 растет. Мантия Земли оказывается огромным резервуаром углеводородов, а магма становится мощным транспортным каналом, который доставляет это вещество в кору. И хотя «магматическая нефть» вряд ли заменит нам привычные месторождения, само открытие меняет наше понимание глобального углеродного цикла.

Исследования могут также нести практическую пользу. Всё дело в безопасности. Именно летучие компоненты определяют характер извержения вулкана.

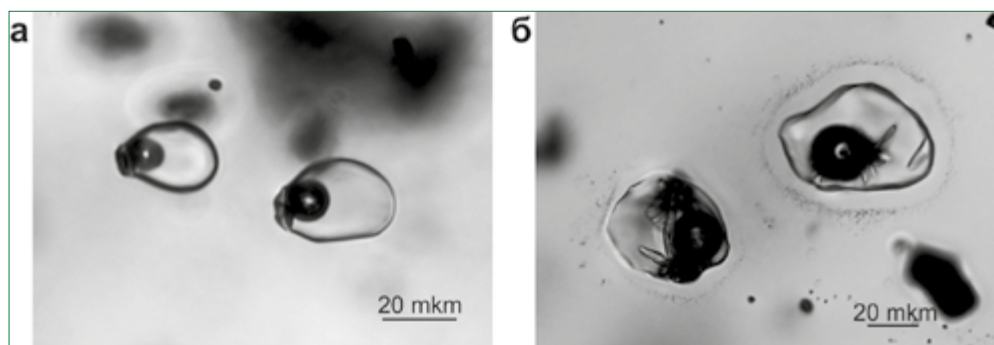
«Это похоже на бутылку с газировкой. Если вы аккуратно открываете крышку, газ выходит постепенно и напиток остается в бутылке. Но если бутылку потрясти — в природе это быстрый подъем магмы с падением давления, — газы начинают выделяться быстро и лавинообразно. Пузырьки воды и углеводороды мгновенно расширяются, превращая вязкую магму в пену и буквально разрывая гору изнутри», — поделился научный сотрудник ИГМ СО РАН кандидат геолого-минералогических наук **Ильдар Рафитович Низаметдинов**.

Каждое новое использование метода ГХ-МС — шаг к расшифровке кода нашей планеты.

Анастасия Шамова,
студентка 3-го курса направления
подготовки «Журналистика»
Гуманитарного института НГУ
Фото Ильдара Низаметдинова



Виды микровключений в минералах вулкана Меньший Брат: а, б — капли газа и расплава в плагиоклазе и оливине; в, г, д — включения в кварце и пироксенах из вулканической пемзы (обозначения: Фв — газ (флюид), Рв — расплав, Гп — пузырек газа, Ст — стекло, Кр — кристалл)



Расплавные включения в кристаллах оливина: а — стекловатые закаленные, б — частично раскристаллизованные включения

Украшение с секретом: археологи восстановили историю серег из могильника Койбалы

Ученые из Института археологии и этнографии СО РАН и Новосибирского государственного университета реконструировали технологию изготовления серег средневекового погребения, раскопанных на могильнике Койбалы в Хакасии в 1985 году. Выяснилось, что металлические фигурки не сразу имели форму ушных украшений, а были переделаны из более сложных по форме изделий. Исследование об этом опубликовано в журнале «Археология, этнография и антропология Евразии».

Две серьги с подвесками были обнаружены экспедицией лаборатории гуманитарных исследований НГУ во главе с ее заведующим, доцентом кафедры археологии и этнографии кандидатом исторических наук **Сергеем Григорьевичем Скобелевым**, в 1985 году в погребении кургана 7 в составе могильника Койбалы, расположенного на правом берегу реки Абакан в Хакасии. Часть захоронений на могильнике относится к культуре енисейских кыргызов и датируется предмонгольским и монгольским временем (XII–XIII вв. н. э.). Кургана 7 датируется более ранним древнетюркским периодом. Украшения хранились в тайнике, сооруженном в стенке могилы взрослого человека. Помимо серег, в могиле были обнаружены череп и длинные кости ног коня, а также два стремени и железные детали украшения конской сбруи. По предположениям исследователей, могила принадлежала женщине.

«Могила была ограблена, череп и большая часть костей скелета отсутствовали. Выводы о том, что это захоронение женщины, были сделаны по составу погребального инвентаря, — рассказал заведующий лабораторией гуманитарных исследований НГУ кандидат исторических наук **Олег Андреевич Митько**, принимавший участие в раскопках. — Снаряжение верхового коня встречается как в мужских, так и женских захоронениях, но такие очевидные маркеры мужской субкультуры, как элементы поясного набора, наконечники стрел и роговые накладки на лук, отсутствовали».

Серьги выполнены в виде крылатой антропоморфной фигуры монголоидной внешности, формы которой напоминают женские. Над высокой прической фигуры расположен нимб, а в руках на уровне груди она держит сосуд. Крылья фигуры опущены вниз, хвост плавно загнут на тыльную сторону, где прикреплены проволоочные дужки. В месте загиба хвоста припаяны петли, к которым крепятся крупные ромбовидные подвески. Композиция дополнена семью пустотелыми шариками-подвесками на витых проволоочках по сторонам нимба, на концах крыльев и у ромбовидных подвесок, припаянных к хвосту.

Олег Митько и ведущий научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН доктор исторических наук **Павел Владимирович Волков** продолжили исследование Сергея Скобелева, поставив задачу определения технологии изготовления изделий, использовавшихся инструментов и химического состава металла.

Изучение технологии изготовления показало, что изначально изделия не были задуманы как ушные украшения. Ученым удалось выявить два технологических этапа работы с артефактом, произведенных тремя мастерами разной квалификации. Третий этап был связан с ремонтом поврежденной части одной из серег.

На первом этапе были изготовлены два идентичных изделия из сплава серебра с содержанием меди (1–2 %). Они имели вид уплощенных декорированных фигур в форме птицы с рельефными человекообразными изображениями в центре. Поверхность изделия была украшена декором с использованием витой нити



О. А. Митько

и скани (тонкой металлической проволоки). Работа была выполнена мастером высокой квалификации.

На втором этапе изделия были переформлены в составные многоэлементные серьги. С помощью тонкой серебряной проволоки к ним были прикреплены дополнительные элементы — округлые шарики-подвески. В процессе работы на поверхности изделия были оставлены вмятости и заусенцы, свидетельствующие о более низкой квалификации второго мастера. Несмотря на это, форма дужек серег произведена профессионально и сравнима с современными аналогами. «Дужки серег выполнены в виде вопросительного знака. Это очень древний способ ношения ушных украшений, подвешенных в отверстия на мочках. Он берет свое начало еще с эпохи бронзы и так же, как и в настоящее время, является, пожалуй, самым надежным и рациональным способом», — пояснил Олег Митько.

После того как изделия были переформлены в серьги, они длительное время использовались, пока один из элементов не оказался поврежден. Тогда серьги были отремонтированы третьим мастером при помощи иных технологий и инструментов. Артефакт был поврежден боковым сжатием, что привело к образованию трещины и излома на крыле одного изделия. При ремонте оно было не припаяно, а прикреплено проволокой, и отверстия пробивались пробойником большого диаметра. Квалификация мастера, ремонтировавшего серьги, оказалась значительно ниже, чем у мастеров по изготовлению и переформлению. «В морфологическом и художественном отношении серьги достаточно архаичны и, возможно, к моменту совершения захоронения «вышли из моды», но их семантическое значение было для владельца важнее, чем сохранность. Удаленность от ремесленных центров также сыграла свою роль: если бы у владельца была возможность отдать их в руки профессионального ювелира, то и ремонт был бы сделан качественно — с помощью пайки», — рассуждает Олег Митько.



Серьги с подвесками из могильника Койбалы в Хакасии

В 1990 году Сергей Скобелев опубликовал статью «Подвески с изображением древнетюркской богини Умай», посвященную детальному описанию находок и интерпретации образа артефакта. Ученый предположил, что головное украшение соответствует фольклорным описаниям древнетюркской богини Умай — покровительницы женщин и детей. Изображение человека, по мнению Сергея Скобелева, имеет сходство с каменными изваяниями тюрков, что проявляется в статичности позы, монголоидном облике, сосуде, который удерживает фигура обеими руками на уровне верхней части живота. Однако аналогий среди предметов мелкой пластики тюркской культуры, подобных серьгам по формальным признакам, функциональным и техническим особенностям, обнаружено не было.

«У древнетюркских народов в ранний период их формирования имелись представления о существовании божественного пантеона, в котором особенно почитались три основных персонажа. В орхонских рунических памятниках упоминается о Тенгри, Умай и Ыдук Йер-Суг, но изображения ни одного из них до нас не дошло. Их образы передавались посредством природных явлений и символических предметов. Так, верховным божеством древних тюрков считалось Тенгри, олицетворением которого было Небо; Ыдук Йер-Суг персонализировало собой «священную землю и воду»; символами подательницы всех благ богини Умай были лук и стрелы. Антропоморфные изображения божественного пантеона до нас не дошли или вовсе отсутствовали, хотя традиция изготовления каменных скульптур была широко распространена в степной части Евразии», — говорит Олег Митько.

Определить точную этнокультурную принадлежность артефакта также непросто. Для этого исследователям необходимо построить типологическую систему близких образу крылатой богини по художественному стилю технологий изготовления украшений и соотнести их с изделиями из традиционных ремеслен-

ных центров Китая, Ближнего и Среднего Востока. Однако серьги из могильника Койбалы относятся к индивидуальному производству и, скорее всего, делались на заказ в единственном экземпляре. Одним из фактов, позволяющих сделать предположение об этнической принадлежности хозяйки украшений, является погребальный обряд.

«Судя по известным к настоящему времени погребениям со шкурой коня, они могли быть связаны с населением Уйгурского каганата, ядро которого составляли телеские племена. На закате своей истории они в течение 20 лет вели военные действия против енисейских кыргызов, занимавших территорию Хакасско-Минусинского края. Война закончилась победой кыргызов, захвативших уйгурскую столицу Орду-Балык, находившуюся в степях современной Монголии, и созданием ими собственного Кыргызского каганата», — рассказал Олег Митько.

Находка в средневековом погребении уникальных по технике изготовления и художественным особенностям серег обогащает представления ученых о культуре древнетюркских народов. Украшения не только выступают важным многоуровневым источником информации для изучения роли и положения женщин в древнетюркском обществе, но и содержат в себе потенциальную возможность для социального моделирования других древних социумов.

«Находка ювелирного украшения, изготовленного мастером высокого уровня, позволяет считать его очень яркой и дорогой семейной реликвией. Судя по степени износа, ее, вероятно, передавали из поколения в поколение, и она служила не только украшением, но показателем социальной зрелости и принадлежности к высшим слоям общества», — отметил О. А. Митько.

Алёна Снегирева,
студентка Гуманитарного
института НГУ

Фото автора и из архива Олега Митько

Первые эксперименты на станции «Микрофокус» ЦКП СКИФ будут посвящены поиску золота и космических частиц

Президент России Владимир Владимирович Путин в ходе торжественной церемонии открытия ЦКП СКИФ осмотрел «Микрофокус» — одну из экспериментальных станций первой очереди. Эта станция предназначена для исследования элементного состава и структурных особенностей объектов для решения задач геологии, геофизики, микроэлектроники и материаловедения. Первые эксперименты на станции 1-1 «Микрофокус» будут посвящены задачам разведки и извлечения труднодоступных запасов золота, платины, редкоземельных элементов и нефти.

Исследования образцов рудных пород — важный этап разработки новых месторождений, так как знание элементного состава породы позволяет точнее оценивать запасы залежей, выбирать оптимальные методы добычи и находить перспективные участки для дальнейшей разведки. Одним из наиболее эффективных и вместе с тем неразрушающих методов исследования элементного состава является рентгенофлуоресцентный анализ на пучках синхротронного излучения (РФА СИ). Этот метод реализован на станции «Микрофокус». Он позволяет обнаружить даже микросодержания ценных элементов в породах, концентрация которых не превышает 1 мг/тону, локализовать исследуемую область и составить трехмерные карты содержания полезных ископаемых в образцах пород из месторождений.

Эти задачи особенно актуальны для освоения золоторудных месторождений, так как в настоящее время залежи россыпного золота исчерпываются, содержание золота в рудах становится крайне низким — 1–0,7 грамма на тонну, что усложняет его поиск и добычу. В частности, в одном из первых экспериментов на станции планируется исследование кернов одного из крупнейших в мире золоторудных месторождений «Сухой Лог» (балансовые запасы — более 2,5 тысяч тонн золота). Запасы золота содержатся



Станция 1-1 «Микрофокус»

в черносланцевой толще, которая характеризуется сложным строением, разнообразием типов руд и форм нахождения драгоценного металла. Всё это препятствует разработке эффективной схемы обогащения и задерживает ввод месторождения в эксплуатацию.

Детальное изучение разных типов руд месторождения с применением высокоразрешающих методов СИ на станции «Микрофокус» позволит определить не установленные до настоящего времени формы нахождения Au, оценить роль органического вещества в процессах перераспределения и концентрирования золота,

дать рекомендации по разработке оптимальных схем обогащения руд.

Также планируется исследование руд норильских месторождений металлов платиновой группы, изучение форм нахождения стратегически важных металлов в разных типах руд для совершенствования систем извлечения, изучение образцов редкоземельных руд в образцах Чукотконского карбонатитового месторождения, определение минеральных фаз и форм нахождения полезных компонентов для разработки технологии обогащения и комплексной переработки руд месторождений редкоземельных элементов.

Еще одной интересной задачей для ученых является поиск микрочастиц внеземного происхождения в слоях донных осадков озер Тунгусского природного заповедника. Дело в том, что при исследовании кернов донных осадков озер Тунгусского природного заповедника обнаружены аномальные слои, датируемые 1908–1909 годами. Озера находятся в 30–40 километрах от эпицентра взрыва Тунгусского космического тела 30 июня 1908 года, и образование слоев связано с последствиями падения Тунгусского метеорита.

Интегратором создания оборудования и ограничительных конструкций станции «Микрофокус» выступил Томский политехнический университет. Партнерами Томского политеха в создании научно-экспериментального оборудования для станции «Микрофокус» стали Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирский государственный технический университет, Институт физики микроструктур РАН и многие другие организации. Всего ТПУ привлек более 150 партнеров из числа высокотехнологичных компаний, научных институтов и вузов Калининграда, Белгорода, Нижнего Новгорода, Новосибирска, Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга и других городов.

Пресс-служба ЦКП СКИФ
Фото Анны Плис

В НГУ создают пробиотик нового поколения из штаммов бактерий, собранных на Алтае

Разработка пробиотика нового поколения *Symbionta* на основе природных штаммов *Lactobacillus*, предложенная студенткой Новосибирского государственного университета Алиной Титенко, направлена на повышение эффективности пробиотических продуктов за счет использования бактерий с более высокой метаболической активностью. При поддержке стартап-студии НГУ проект, ориентированный на применение природных изолятов вместо лабораторно-адаптированных штаммов, вошел в число победителей конкурса «Студенческий стартап».

Интерес к микробиоте и ее влиянию на здоровье человека в последние годы заметно вырос: активно изучается связь «кишечник — мозг», а также роль бактериальных сообществ в обмене веществ и иммунных реакциях. Пробиотики рассматриваются как один из инструментов поддержки микробиоты — они участвуют в поддержании барьерной функции кишечника, синтезе метаболитов и подавлении патогенных микроорганизмов. Однако их эффективность во многом зависит от свойств используемых штаммов.

Еще одна проблема, по словам автора проекта, связана с особенностями лабораторного культивирования. «При длительном культивировании бактерии теряют полезные плазмиды и не производят достаточного количества заявленных веществ», — пояснила Алина Титенко. В результате характеристики коммерческих пробиотиков могут отличаться от заявленных.

В проекте *Symbionta* предлагается использовать природные штаммы

Lactobacillus, обладающие более широким метаболическим потенциалом. Кандидатные штаммы были выделены на территории Алтайского края и переданы для исследования коллегами из Алтайского государственного университета.

На первом этапе с помощью кандидата биологических наук Лады Владимировны Максименко (ФИЦ «Института цитологии и генетики СО РАН») и при поддержке исследовательской группы Cell Metabolomics Group был проведен метаболомный анализ, позволивший оценить спектр продуцируемых веществ и активность бактерий.

Сравнение с референсным штаммом *Lactobacillus acidophilus* из коммерческого пробиотика показало преимущества природных изолятов по ряду показателей. «Например, по количеству продуцируемой молочной кислоты — это один из ключевых параметров, определяющих пробиотический потенциал штамма, поскольку подавляет патогенные микроорганизмы и поддерживает клетки кишечника», — отметила Алина Титенко.

На текущем этапе отобран наиболее перспективный штамм-кандидат, однако проект предусматривает дальнейшую проверку его свойств. В планах — проведение фенотипических и геномных тестов, а также более глубокий анализ возможных ограничений и рисков. При необходимости команда проекта рассмотрит альтернативные штаммы или их комбинации, чтобы усилить полезные эффекты и снизить потенциальные недостатки.

Помимо изучения биологических характеристик штамма, исследование включает разработку технологического процесса производства пробиотического ингредиента. Это позволит оценить жизнеспособность штаммов при масштабировании, включающем культивирование, сушку и получение стабильной формы продукта.

«Если штамм показывает хорошие свойства в лаборатории, это еще не гарантирует, что он подойдет для промышленного производства — это мы тоже будем проверять», — пояснила Алина Титенко.

В работе участвует индустриальный партнер — компания «ЗетГен-84», которая готова затем масштабировать полученные результаты до полноценного производственного цикла. Проект студентки университета также поддерживается специалистами в области биоинформатики и микробиологии из АлтГУ и ФИЦ ИЦИГ СО РАН.

По условиям конкурса «Студенческий стартап», у команды есть год на то, чтобы пройти полный цикл — от отбора и валидации штаммов до получения пилотной партии продукта. Ожидается, что на выходе будет создан пробиотический ингредиент массой около 100 граммов, который передадут индустриальному партнеру для дальнейшей оценки и возможного внедрения в производство.

Проект поддержан Фондом содействия инновациям в рамках программы «Студенческий стартап» мероприятия «Платформа университетского технологического предпринимательства» федерального проекта «Технологии».

Пресс-служба НГУ

Физики создали перестраиваемый двумерный электростатический кристалл

Исследователи из Австралии, России и Великобритании, среди которых — ученые из Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН, создали искусственный двумерный электростатический кристалл, электронные свойства которого можно непрерывно менять электрическим напряжением и магнитным полем. Статья об этой работе опубликована в журнале *Nature Physics*.

Настраиваемый искусственный кристалл сформирован внутри знакомой полупроводниковой структуры — слоя арсенида галлия в арсениде алюминия-галлия. Для этого ученые наложили на двумерный электронный газ (тончайший электронный слой) периодический электростатический рельеф. Меняя напряжения на двух затворах, исследователи смогли в одном и том же чипе перестраивать электронный спектр от графеноподобного к кагоме-подобному (японский термин, означающий рисунок плетения бамбуковых корзин, который стал нарицательным для обозначения типа кристаллической решетки в физике. — *Прим. ред.*), то есть получать разные типы энергетических зон без замены самого образца.

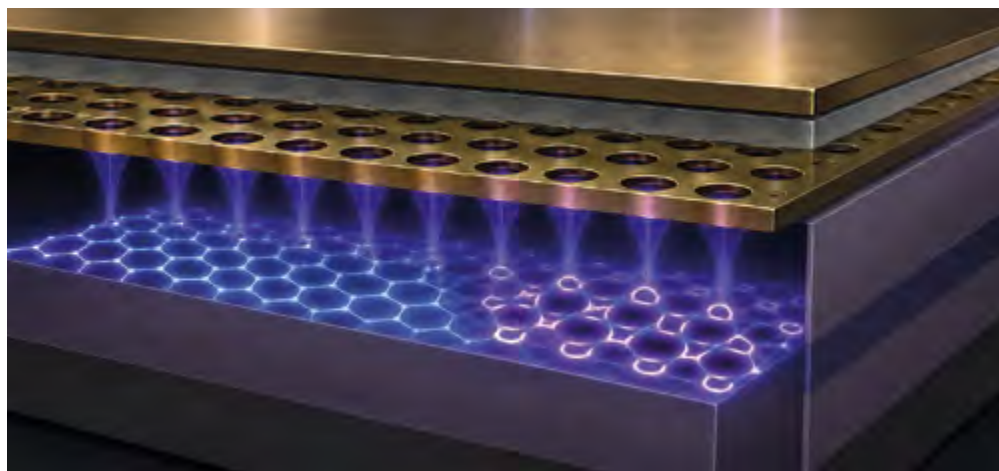
«Главное достижение состоит в том, что в одном и том же полупроводниковом устройстве можно электрически перестраивать искусственный кристалл и переходить от графеноподобных электронных состояний к кагоме-подобной плоской зоне, где на первый план выходят взаимодействия между электронами. Это уже не просто наблюдение отдельных минизон, а управляемая платформа для исследования коллективных квантовых состояний», — пояснил один из авторов работы, старший научный сотрудник Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН кандидат физико-математических наук **Виталий Анатольевич Ткаченко**.

В кагоме-подобной электронной системе главную роль играет кагоме-решетка. В такой решетке электроны могут почти застыть в так называемой плоской энергетической зоне, и тогда на первый план выходят взаимодействия между электронами, их коллективное поведение. Именно при определенном заполнении электронами плоской зоны ученые обнаружили новое коллективное состояние электронов — коррелированный изолятор, свойства которого не удавалось объяснить существующими моделями.

Созданная платформа позволяет моделировать квантовые системы, которые трудно или невозможно воспроизвести в природных материалах. Свойства нового искусственного кристалла можно не только спроектировать заранее, но и перестраивать непосредственно в процессе эксперимента.

Исследование объединило изготовление и измерение образцов, одночастичное численное моделирование и многочастичную теорию. Образцы и транспортные измерения были сделаны в Университете Нового Южного Уэльса; полупроводниковые многослойные структуры арсенида галлия — арсенида алюминия-галлия предоставила Кавендишская лаборатория. Сотрудники ИФП СО РАН сопровождали эксперимент численными расчетами, оптимизировали дизайн трехмерной полупроводниковой структуры. Многочастичную модель коррелированного состояния развили специалисты из Университета Нового Южного Уэльса.

«Есть и другие способы создания искусственных кристаллических решеток. Например, их можно собирать из атомно-тонких полупроводниковых слоев, просто накладывая друг на друга как листы бумаги, но с небольшим поворотом. Из-за этого поворота образуется так называемый муаровый узор, как при наложении тюлевых занавесок — он и создает искусственную решетку. Другие исследователи берут за основу двумерный электронный газ, как в обсуждаемой работе, и с помощью травления создают в нем упорядоченно расположенные ямки нанометровых размеров.



Изображение схемы устройства

Смысл этого направления исследований — усилить энергию взаимодействия электронов друг с другом по сравнению с их кинетической энергией, чтобы создать условия для изучения эффектов коллективного поведения электронов», — комментирует старший научный сотрудник ИФП СО РАН кандидат физико-математических наук **Алексей Владимирович Ненашев**.

В новом устройстве дополнительную периодическую решетку создает электрическое поле: для электронов формируется искусственный пространственно-периодический потенциал, геометрия и амплитуда которого задаются конструкцией устройства и приложенными напряжениями.

В обычном кристалле электроны движутся в поле атомов, расположенных в строго определенном порядке. В новом же искусственном кристалле над тонким слоем электронов создали периодический электрический рельеф: электрон ощущает ограничения, заданные электрическим потенциалом, и начинает вести себя так, будто находится в кристалле с заданной геометрией. Причем эту геометрию можно перестраивать, меняя управляющее напряжение.

В многослойной полупроводниковой структуре из арсенида галлия — арсенида алюминия-галлия авторы работы сформировали двумерный электронный газ — тончайший слой, где электроны могут свободно двигаться, но только в одной плоскости. Всего в 25 нанометрах над двумерным электронным газом расположили металлический затвор (электрод) с регулярной треугольной сеткой отверстий. Период этой сетки — 100 нанометров, то есть в сотни раз больше расстояний между атомами в обычном кристалле.

Выше, отделенный диэлектриком, — еще один металлический затвор, который позволял менять силу периодического электрического поля. Первый затвор в основном задавал плотность электронов в двумерном электронном газе, второй — насколько сильно они чувствуют искусственную решетку. Меняя напряжение, прикладываемое к первому затвору, можно притягивать электроны к искусственному кристаллу или, наоборот, отталкивать их, тем самым управляя количе-

ством электронов. Чем больше электронов в кристалле, тем больше энергетических зон заполнено ими. Сквозь отверстия в первом затворе проникают силовые линии электрического поля от второго затвора и выталкивают электроны из-под отверстий, иначе говоря — формируют потенциальный рельеф для электронов с вершинами под отверстиями и ямами между ними. Высота этого рельефа, задающего двумерный искусственный кристалл, управляется напряжением, приложенным ко второму затвору.

Управляя электростатическим потенциалом, ученые обнаружили, что при слабом потенциале электроны ведут себя почти как свободные частицы. По мере увеличения потенциала начинают формироваться новые энергетические зоны (минизоны). Энергетические зоны — это набор значений энергий, которыми могут обладать электроны.

Сначала — при увеличении потенциала — возникает структура, аналогичная графену. В ней появляются так называемые дираковские конусы — особые точки, где электроны начинают вести себя как почти безмассовые частицы. При дальнейшем увеличении система перестраивается еще сильнее и превращается в электронный аналог кагоме-решетки. Именно такая геометрия давно интересует физиков, поскольку в ней могут возникать необычные коллективные квантовые состояния.

Самым важным результатом работы стало формирование так называемой плоской энергетической зоны: обычно энергия электронов сильно зависит от их импульса. В плоской зоне эта зависимость практически исчезает. Дело в том, что в квантовой механике электрон распространяется как волна, а кагоме-решетка устроена так, что электронные волны от соседних узлов решетки гасят друг друга — в результате движение электрона замедляется, а его кинетическая энергия вместе с шириной энергетической зоны уменьшаются. Можно сказать, что электроны почти перестают двигаться поодиночке, а их собственное кулоновское отталкивание начинает определять поведение всей системы. Подобные плоские зоны сегодня считаются одной из самых перспективных площадок для поиска новых состояний вещества, включая экзотическую сверхпроводимость и необычные магнитные фазы.

Ширина обнаруженной плоской зоны оказалась исключительно малой — около 0,2 миллиэлектронвольта, тогда как энергия взаимодействия между электронами примерно в пять раз больше. Это означает, что система находится в режиме

очень сильных корреляций, когда поведение каждой частицы определяется всеми остальными.

Когда плоская зона была заполнена электронами наполовину, исследователи увидели резкий скачок электрического сопротивления. Система внезапно становилась практически изолятором. Обычные модели не смогли объяснить этот эффект. Более того, оказалось, что очень слабое магнитное поле — всего около 0,1 тесла — почти уничтожает этот изолирующий режим, хотя энергетическая щель состояния остается практически неизменной. Такое поведение указывает на совершенно необычную природу нового состояния.

Авторы предложили оригинальное объяснение наблюдаемому эффекту. Согласно их модели, электроны не расположены на отдельных узлах решетки, а коллективно делокализируются внутри маленьких треугольников кагоме-решетки, при этом образуя замкнутые круговые токи. Каждый такой ток создает собственный магнитный момент. В результате в двумерном электронном газе возникает сеть миниатюрных токовых колец, случайно ориентированных друг относительно друга. Небольшое внешнее магнитное поле упорядочивает кольцевые токи, уменьшая рассеяние электронов и резко снижая сопротивление. Исследователи назвали новое состояние петлевым токовым вигнеровским изолятором (loop-current Wigner insulator).

Созданию работающего устройства предшествовало длительное расчетное сопровождение. С помощью трехмерного электростатического моделирования с учетом экранирования исследователи определяли, как параметры многослойной полупроводниковой структуры, расстояние до двумерного электронного газа и конструкция затворов влияют на амплитуду периодического потенциала и на размытие энергетических зон (минизон) случайным беспорядком.

Сопоставление численного моделирования с экспериментом в широком диапазоне концентраций электронов и магнитных полей позволило надежно идентифицировать особенности минизонной структуры и установить, какие из наблюдаемых эффектов не объясняются одночастичной физикой.

«Путь от первоначальной идеи и расчетов до работающего устройства занял много лет. Решающее значение имели качество нелигированной гетероструктуры, точность нанолитографии и возможность независимо управлять плотностью электронов и силой периодического потенциала. Экспериментаторам удалось реализовать режим, в котором минизонная структура не скрыта беспорядком и становится доступной для детального транспортного исследования», — отметил Виталий Ткаченко.

Новая электронная платформа открывает путь к изучению синтетических квантовых систем с плоскими зонами, дальнедействующими взаимодействиями, орбитальными токами и возможными необычными топологическими свойствами.

ВАКАНСИИ

ФГАОУВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», физический факультет, объявляет выборы на замещение вакантных должностей: заведующий кафедрой общей физики — 1; заведующий кафедрой аэрофизики и газовой динамики — 1.
Требования к кандидатам: высшее профессиональное образование; наличие ученой степени и ученого звания; стаж научно-педагогической работы или работы в организациях по направлению профессиональной деятельности кафедры, не менее пяти лет.
Срок подачи документов — один месяц со дня опубликования объявления. Соискатели могут ознакомиться с положениями и предоставить документы для участия в конкурсе по адресу: г. Новосибирск, 630090, ул. Пирогова, 2, ком. 239; тел. 363-43-23.

Факультет информационных технологий Новосибирского государственного университета объявляет выборы на замещение вакантной должности заведующего кафедрой систем информатики.
Требования к кандидатам: высшее профессиональное образование; наличие ученой степени и ученого звания; стаж научно-педагогической работы или работы в организациях по направлению профессиональной деятельности кафедры, не менее пяти лет.
Срок подачи документов — один месяц со дня опубликования объявления.
Документы подавать по адресу: 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Новосибирский государственный университет, учебный корпус № 1, факультет информационных технологий, к. 4236. Справки по тел. 363-41-40.

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН ГЕННАДИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ МИХАЙЛОВ
(06.03.1934 — 19.08.2026)



19 августа 2026 года на 93-м году ушел из жизни выдающийся математик лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН **Геннадий Алексеевич Михайлов**.
Геннадий Алексеевич Михайлов родился 6 марта 1934 года в Калининской области. В 1956 году после окончания с отличием Ленинградского государственного университета он был направлен в закрытый город Снежинск для работы по атомному проекту. В 1962 г. в составе авторского коллектива Г. А. Михайлов стал лауреатом Ленинской премии за решение задач ядерной техники. В 1965 году Г. А. Михайлов начал работу в Сибирском отделении Академии наук СССР — в Вычислительном центре СО АН СССР (ныне Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН). Им подготовлено более 40 кандидатов наук и 11 докторов наук. В институте Геннадий Алексеевич руководил созданными им

научными коллективами: с 1966 года был заведующим лабораторией методов Монте-Карло; с 1979 года — заведующим отделом статистических методов физики атмосферы; в 1991—1998, 1999—2004 годы работал заместителем директора института, а в 1998—1999 годах — директором ИВМиМГ СО РАН. Здесь он основал свою сибирскую научную школу по методам Монте-Карло — одну из ведущих в стране и мире.
Г. А. Михайловым было опубликовано лично и с соавторами более 230 научных работ, в том числе 15 монографий. Совместно со своими учениками Г. А. Михайлов разработал признанные во всем мире общие подходы к оптимизации весовых методов Монте-Карло на основе специальных линейных и нелинейных сопряженных функциональных уравнений и соответствующих асимптотических решений. Им заложены основы теории численного моделирования случайных процессов и полей, что позволило развить «метод двойной рандомизации» для решения задач математической физики со случайными параметрами, а также теорию функциональных оценок метода Монте-Карло. Г. А. Михайлов построил общую теорию векторных алгоритмов метода Монте-Карло, что, в частности, позволило развить и обосновать алгоритмы решения задач теории переноса с учетом поляризации, а также алгоритмы вычисления кратных параметрических производных от решений рассматриваемых задач. Им совместно с учениками получены интегральные и вероятностные представления решений актуальных задач математической физики, на основании которых построены эффективные численные алгоритмы, в частности весовые алгоритмы для решения нелинейных кинетических уравнений. В 1979 году в результате бурного развития методов Монте-Карло Г. И. Марчуку, Г. А. Михайлову и их коллегам

из Москвы В. Г. Золотухину, Н. Н. Ченцову и из Ленинграда С. М. Ермакову была присвоена Государственная премия СССР «За цикл работ по развитию и применению метода статистического моделирования для решения многомерных задач теории переноса излучения». Кроме того, заслуги Геннадия Алексеевича отмечены двумя орденами «Знак Почета» (1975 г., 1986 г.).
Г. А. Михайлов с 1980 г. до 2014 г. был заведующим кафедрой вычислительной математики механико-математического факультета Новосибирского государственного университета. В 2000 году ему было присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы».
В последние годы Геннадий Алексеевич, несмотря на возраст, активно работал: был председателем диссертационного совета ИВМиМГ СО РАН, членом ученого совета ИВМиМГ СО РАН, членом редколлегий трех научных журналов, участвовал в организации научных конференций, руководил учениками и писал статьи.
Выражаем искренние соболезнования близким, друзьям и коллегам Геннадия Алексеевича Михайлова.

И. о. председателя СО РАН
академик РАН Д. М. Маркович

Председатель ОУС СО РАН
по математике и информатике
академик РАН И. А. Тайманов

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

Директор ИВМиМГ СО РАН
доктор физико-математических наук
М. А. Марченко

Коллектив ИВМиМГ СО РАН

АНОНС

В рамках OpenBio-2026 пройдет научный симпозиум по вирусологии

Симпозиум «Экспериментальная вирусология» впервые состоится в рамках XIII Российского форума биотехнологий OpenBio — молодые исследователи и ведущие ученые обратятся к темам изучения новых и уже известных вирусных угроз, оценки рисков пандемий, разработки средств профилактики и противодействия инфекциям.

Программа симпозиума включает шесть сессий, посвященных ключевым направлениям современной вирусологии. Центральное место займет сессия «Виром России и биология вирусов: от полевых проб до прогнозирования болезни X». Ее участники проследят весь процесс от сбора и анализа проб до понимания механизмов возникновения и распространения заболеваний. Следующая сессия будет посвящена инженерии биологических систем и моделям вирусных инфекций человека с использованием животных и клеток. Такие модели позволяют изучать механизмы развития инфекций и оценивать перспективные подходы к профилактике и лечению.
Практическое продолжение этой работы будет представлено на сессии «Новые поколения противовирусных препаратов и профилактических средств: от скрининга кандидатов до валидации эффективности». Еще одно направление программы — использование современных вычислительных методов в вирусологии. На сессии «Эволюция вирусов в цифровую эпоху: NGS, биоинформатика и искусственный интеллект для прогнозирования пандемий» эксперты оценят возможности технологий секвенирования нового поколения, биоинформатики и ИИ для изучения эволюции вирусов и оценки угроз.
Заключительная часть симпозиума «Экспериментальная вирусология» охва-

тит две ключевые темы. На сессии, посвященной структурной вирусологии в околоатомном разрешении, участники рассмотрят современные методы исследования вирусов с использованием электронной микроскопии и синхротронного излучения. Второй блок коснется инноваций в биопроцессе и регуляторных вызовов в производстве противовирусных препаратов.
Такой комплексный подход, объединяющий фундаментальные исследования, прикладные разработки и регуляторные аспекты в рамках XIII Российского форума биотехнологий OpenBio, позволяет выстроить целостную систему противодействия вирусным угрозам, считает заведующий лабораторией геномных исследований Центрального научно-исследовательского института эпидемиологии Роспотребнадзора кандидат биологических наук **Камиль Фаридович Хафизов**.
«Современная вирусология уже не заканчивается обнаружением вируса и расшифровкой его генома. Нам важно практически в режиме реального времени понимать, как меняется и распространяется патоген, какой риск представляет и какие меры противодействия будут эффективны. Для этого необходима система, которая связывает геномные и эпидемиологические данные, биоинформатику, экспериментальную виру-

сологию и разработку средств противодействия. Поэтому особенно важно, что OpenBio объединяет эти направления. Именно на их стыке появляется возможность быстрее перейти от научного наблюдения и обнаружения потенциальной угрозы до оценки ее риска и практического решения. Для биобезопасности страны это принципиально, так как сокращение этого пути делает всю систему устойчивее», — уточняет Камиль Хафизов.
Помимо симпозиума «Экспериментальная вирусология», в научную программу OpenBio-2026 войдет конференция молодых ученых, включающая секции по биофизике, молекулярной биологии, биотехнологии, вирусологии и биоинформатике. В их рамках установочные лекции проведут ведущие ученые, среди которых академики, члены-корреспонденты РАН, профессора и руководители ключевых научных институтов страны. Деловая программа форума охватит вопросы мРНК-вакцин, импортозамещения реагентов и оборудования, инвестиций в Life Science, биобанкинга, генетических технологий, ИИ в медицине и промышленной биотехнологии. Также в рамках OpenBio пройдут круглые столы, мастер-классы и отраслевая выставка.