

Московский физтех и Курчатовский центр объединили возможности и организовали совместный факультет



Событие Первый в России Кристаллографический конгресс собрал более двух тысяч ученых и специалистов разного профиля из 60 регионов страны

От анализа к синтезу

Александр Емельяников

Этот научный форум был не юбилейным, а подчеркнуто рабочим. Хотя мероприятия аналогичного масштаба состоялось в нашей стране ровно полвека назад — летом 1966 года.

— Тогда в Москве, в столице СССР, был проведен VII Международный конгресс кристаллографов, куда собралось три тысячи ученых и специалистов из 33 стран, — провел историческую параллель президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» Михаил Ковальчук. На правах председателя он открыл Российский кристаллографический конгресс «От конвергенции наук к природоподобным технологиям» и сделал вводный доклад, в котором аргументировал свой главный посыл: «Кристаллография — методология междисциплинарной науки XXI века».

По словам докладчика и председателя конгресса в одном лице, оратором не ставил целью кого-то удивить размахом. Более того — на первый Российский конгресс кристаллографов сознательно не стали звать коллег из других стран. Персонально пригласили только несколько официальных лиц из мировых научных центров класса mega-science, где Россия представлена как полноправный участник.

Но рекорд, пусть и негромкий, все-таки случился.

На международный конгресс кристаллографов, проходивший полвека назад в Кремлевском дворце съездов, прибыло 1536 ученых и специалистов из пятнадцати республик Советского Союза. В этот раз через электронные сервисы и стойку регистрации в 75-м павильоне ВВЦ за пять дней работы прошло 2100 участников — уже состоявшихся кристаллографов, биологов, медиков, специалистов в области материаловедения, нанотехнологий, представителей гуманитарных дисциплин, а также большое число студентов из ведущих вузов Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Ростова-на-Дону, Иркутска, Екатеринбурга, Нижнего Новгорода, Калининграда, Иваново.

Возрасте до 35 лет был практически каждый второй участник, что не могли не заметить полномочный представитель президента в ЦФО Александр Беглов и замглавы думского Комитета по науке и образованию Геннадий Онищенко, приехавшие на открытие конгресса.

Обращаясь к участникам, полпред президента приветствовал стремление развивать междисциплинарные исследования. Кристаллография, по его словам, играет важнейшую роль в развитии наук и инноваций, необходимых для роста экономики и повышения конкурентоспособности го-

сударства. Академик РАН Геннадий Онищенко с ним согласился и предсказал большое будущее тем аспирантам и студентам, что решили взять разбег на взлетной полосе кристаллографии. А заглянув в программу форума, прямо заявил: секции, посвященные кристаллографии в биологии и медицине, в когнитивных исследованиях, можно назвать «прорывными направлениями, которые будут определять уже в ближайшее время развитие науки и экономики».

— Кристаллография как наука и направление — очень хорошая модель, — отметил в свою очередь помощник президента России Андрей Фурсенко. — На ней люди с давних пор учились понимать структуру природы. В результате эта наука структурировалась так, что «накрыла» вопросы, связанные с живой и неживой природой, с тем, как устанавливаются «мостики» между этими понятиями.

Продругие мосты — уже между наукой и практикой — коротко и ярко, на личном примере, сказал президент Объединенной судостроительной корпорации Алексей Раханов. Еще два-три года он даже представить себя не мог среди участников такого конгресса.

— Потому что, где судостроение, а где кристаллография? Так думали. Но сегодня становится очевидным, что традиционное судостроение исчерпало все текущие и возможные технологии, — признал Алексей Раханов. — Настало время двигаться вперед.

И важный шаг уже сделан: в начале 2016 года между ОСК и Курчатовским центром подписано соглашение о сотрудничестве.

Не менее важное признание перед участниками конгресса сделал посол Европейского союза в России Бигаудас Ушацкас. По его словам, НИЦ «Курчатовский институт» занимает особое место в международном научном сотрудничестве, и особенно в том, что касается научной кооперации между Россией и ЕС.

— Курчатовский институт был у истоков и сейчас участвует во множестве проектов, как на уровне отдельных стран, так и на уровне сотрудничества с Еврокомиссией, — заявил посол Ушацкас.



Полпред президента в Центральном федеральном округе Александр Беглов, президент НИЦ «Курчатовский институт» Михаил Ковальчук и помощник президента России Андрей Фурсенко в первый день работы конгресса.

Многогранна как мир

Михаил Ковальчук, президент НИЦ «Курчатовский институт», председатель Национального комитета кристаллографов России, член-корреспондент РАН

Путь, который прошла кристаллография с момента своего зарождения, интересен не только сам по себе, но и дает основание говорить о ее методологической, философской роли в познании мира и развитии науки в широком смысле.

От описательной минералогии, через химию, химический анализ, новую линию роста кристаллов к физике в виде рентгеновского структурного анализа, физическое материаловедение, а затем и биологии, белковой кристаллографии — такой, если уложить 100 лет в одно предложение, была ее внутренняя эволюция.

И неудивительно, что сегодня кристаллография имеет мало общего с тем, какой она была век назад, во времена выдающегося ученого Е.С. Федорова, одного из основоположников современной структурной кристаллографии, геолога, ректора Санкт-Петербургского горного института. В то время кристаллография была нау-

Акцент



Кристаллография прошла путь от подражания природе к конструированию природоподобных объектов

кой о минералах, изучающей их состав, свойства, давая простые описания и характеристики. С развитием химии началось движение от описательной минералогии к более глубокому анализу, более совершенным методам изучения структуры минералов.

С открытием рентгеновских лучей в 1895 году и их дифракции в 1912-м мы ведем отчет развития современной кристаллографии как науки о материалах в целом. Благодаря рентгеновскому излучению мы смогли увидеть сложное, трехмерное, периодическое строение всего окружающего нас мира. В этот период кристаллография уже стала существенной, неотъемлемой частью физики, образовав

новые научные области — рентгеновскую кристаллографию, кристаллофизику, рентгеновскую физику и оптику.

В середине XX века было признано немало Нобелевских премий за эпохальные открытия в области физики рентгеновского излучения, которые по сути подтвердили великие открытия Резерфорда, Бора и основные принципы квантовой механики. Можно сказать, что все глобальные прорывные открытия того времени, в первую очередь в биологии, медицине и химии, были сделаны с помощью рентгеновских лучей.

После Второй мировой войны также благодаря рентгеновской дифракции кристаллография стала и частью биологии. Современная молекулярная биология — это в значительной мере детище рентгеновской кристаллографии.

Вся научная работа, по словам Александра Благова, сосредоточена на экспериментальных станциях.

Крупным планом Какие возможности для исследований открывает комплекс «КИСИ-Курчатов»

Билет до станции «Ленгмюр»

Алексей Дуэль

На школьных уроках химии меня всегда мучил один вопрос: вот идет реакция, допустим, окисления — атомы от одной молекулы устремятся к другой. Схематически все понятно, но что там происходит на самом деле? Кто начинает движение первым? Как расходятся электроны, двигающиеся навстречу друг другу? А если они сталкиваются, что делают? Неужели, как водители попавших в аварию машин, ждут гаишников? Без этих подробностей все объяснения учительницы казались каким-то фокусом. А у всякого фокуса есть обман, который очень хочется раскрыть.

Разгадывать загадки материи на молекулярном уровне взялись исследователи Курчатовского института. На их вооружении есть единственный на территории бывшего СССР специализированный синхротрон, позволяющий разглядеть во всех подробностях события наномира.

— Наша задача сейчас — на уровне атомов и молекул увидеть и понять, как природа создавала различные материалы, как атомы и молекулы взаимодействуют между собой, изучить эти процессы и использовать их для создания новых материалов, новых

технологий, — описал содержание своей работы заместитель руководителя Курчатовского комплекса синхротронно-нейтронных исследований Александр Благов. — Синхротронное излучение — это универсальный исследовательский инструмент, с помощью которого мы реализуем максимально широкий набор высококачественных рентгеновских методов.

Синхротрон «КИСИ-Курчатов» был открыт 1 октября 1999 года. И с тех пор используется по 23 часа в сутки, 6 дней в неделю, с единственным крупным месячным перерывом за год — на время летних каникул. Ежедневно как нужен для технического обслуживания установки. На Курчатовском синхротроне совершаются открытия в самых разных областях знаний: физике, химии, биологии и даже, например, археологии. В экспериментальном зале — его площадь 10 тысяч квадратных метров — расположены полтора десятка экспериментальных станций. Каждая из них оснащена дополнительным оборудованием и имеет свою специализацию.

— Наше оборудование позволяет следить за состоянием отдельных атомов в процессе химической реакции, мы можем увидеть, что происходит со структу-

Акцент



В экспериментальном зале площадью 10 тысяч квадратных метров работают словно в унисон полтора десятка экспериментальных станций

рой материала при внешних воздействиях. Причем получается не серия фотографий, а буквально «кино», — увлекает меня в научный микрокосмос Александр Благов. — Мы теперь можем изучать свойства буквально отдельных молекул. И использовать разные, эффективно дополняющие друг друга инструменты наблюдения. Например, известно, что нейтроны лучше «чувствуют» легкие атомы, а синхротронное излучение — тяжелые. В Курчатовском институте есть и то и другое, а это очень редкое сочетание в научных центрах во всем мире...

Основа синхротронного комплекса «КИСИ-Курчатов» — три ускорительных установки: линейный ускоритель электронов на энергию до 80 МэВ, малое на-

копительное кольцо (МНК) на энергию 450 МэВ и большое накопительное кольцо (БНК) на энергию до 2,5 ГэВ. А для нейтронных исследований используется прошедший полную модернизацию исследовательский реактор ИР-8, который по потоку нейтронов превосходит любые зарубежные аналоги, работающие на той же мощности.

— Наш комплекс очень удобен для проведения исследований, — утверждает мой собеседник. — Во-первых, у нас и источник нейтронов ИР-8, и синхротрон расположены на одной площадке. И во-вторых, здесь же можно проводить весь комплекс работ, связанных с проведением исследований, начиная от подготовки образцов до обработки результатов на суперкомпьютере. Все

это — материальная, так сказать, основа Курчатовского центра конвергентных наук и технологий. Или сокращенно — НИИКС-центра, созданного Михаилом Валентиновичем Ковальчуком несколько лет назад. Основная наша задача — проложить путь к созданию природоподобных материалов, технологий, систем. Конечно, мы продолжаем развивать и нашу историческую первую задачу — все, что связано с атомной энергетикой. К нам приходят со своими задачами ученые из самых разных областей: физики, биологии, химии и материаловедения. Например, мы помогаем специалистам Государственного исторического музея прочитать фрагмент средневекового пергамента, на котором была утрачена часть чернил. С похожими задачами обращались и археологи, и реставраторы — одним надо было понять, есть ли что-то внутри средневекового креста, другим — определить возможные внутренние дефекты бронзовых статуй. Так что помимо сугубо фундаментальных мы можем решать и прикладные задачи в, казалось бы, совершенно посторонних областях.

Вся научная работа, по словам Александра Благова, сосредоточена на экспериментальных станциях.

— На станции со сказочным названием «Ленгмюр» мы исследуем тончайшие молекулярные пленки. Они формируются на поверхности жидкости, а затем могут быть перенесены на твердую подложку, что позволяет комбинировать несколько слоев пленки из различных веществ, получая в итоге материал с заданными свойствами. Таким способом можно создавать принципиально новые гибридные материалы, комбинируя свойства органической и неорганической материи. Например, когда мы на неорганическую подложку, используемую в качестве считывающей матрицы, наносим тонкую органическую или даже белковую (скажем, фоточувствительную) пленку, мы получаем принципиально новый гибридный сенсор или датчик, вплоть до создания нейроморфных гибридных систем обработки информации.

Функциональные части таких систем, представляющие собой сложные молекулы — молекулярные машины, мы исследуем на станциях «СТМ» (станция структурного материаловедения) и «ДИКСИ» (дифракционное кино на синхротронном источнике). Станция «ДИКСИ» также позволяет исследовать и различные биологические ткани...

АКТУАЛЬНО

Академик Владислав Панченко: Мы на пороге взрывного развития аддитивных технологий Быстрее, чем в природе

Александр Емельяников

НАУЧНЫЙ руководитель Института проблем лазерных и информационных технологий академик РАН Владимир Панченко, который возглавляет Российский фонд фундаментальных исследований, посвятил свой доклад на конгрессе аддитивным технологиям, сделав акцент на том, что это и есть природоподобный путь создания материалов.

По его словам, о таком подходе к производству, когда новое изделие создается не путем удаления из материала «лишнего», а методом сложения, «роста изнутри», когда не возникает побочных отходов, говорил еще много лет назад известный советский конструктор Лев Николаевич Кошкин.

— А сегодня мы видим взрывное развитие технологий и оборудования для аддитивных производств, — констатировал академик Панченко. — Приемы самые разные: селективное лазерное спекание, укладка расплавленной нити, электролучевое плавление и, конечно, лазерная стереолитография, где Россия на лидирующих позициях.

И показал для убедительности, как на обычном человеческом волосе (в данном случае — женском) методом фемтосекундной наностереолитографии можно вырастить «изнутри» точную копию Венеры Милосской — в наноразмерную величину.

Сегодня уже трудно найти ту область человеческой деятельности, куда бы ни вошли аддитивные технологии. Наиболее широко они используются в аэрокосмической промышленности, в медицине и, как ни странно, в криминалистике.

По образу того, как формируется и растет, к примеру, клон у гигантского кальмара (а это так называемый природный градиентный наноконструкт с удивительными свойствами и прочностью) в Центре Хруничева и на предприятиях «Роскосмоса» в Самаре уже делают серьезные многокомпонентные вещи для аэрокосмической отрасли.

— Только в природе, — заметил Владимир Панченко, — равнина того же моллоска растет 10–12 лет. А нам надо делать быстро. И эту сложность мы учимся преодолевать...

— Где и как — расскажем в очередных выпусках «Наука и технологии».



Медицина признала и широко использует имплантаты на основе аддитивных технологий, заявил академик Панченко.

БЛИЦ-ОПРОС Авторы самых ярких стендовых докладов поделились впечатлением и планами На этом поле никому не тесно

Александр Емельяников

НА РАДУ с пленарными докладами, большим количеством устных сообщений на секциях, микросимпозиумах и выступлениями за «круглым столом», в рамках конгресса два дня проходили стендовые сессии. По их результатам специально созданное жюри определило полтора десятка лучших работ, представленных молодыми участниками конгресса.

Как пояснила научный секретарь конгресса Юлия Дьякова, доклады оценивались по четырем критериям: актуальности, новизны, научной значимости, сопоставимости с мировыми результатами. Лучшие в этом рейтинге получили дипломы и памятные подарки. А «Российская газета» провела среди них блиц-опрос.

1. Чему был посвящен ваш стендовый доклад? Где нашли или смогли найти практическое применение полученные вами результаты (исследования и эффекты)?
2. Что лично для вас стало самым ярким, запомнившимся событием конгресса?
3. Какую тему, вопрос, направление вы хотели бы исследовать в дальнейшем, чтобы привлечь внимание коллег на последующих кристаллографических конгрессах?

Семен Чурбанов, младший научный сотрудник ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН:

1. Я рассказал о формировании инженерных структур из биосовместимых полимерных порошков для регенерации костных дефектов. Такие материалы и сам прием известны, но предложенный мною метод печати в отличие от мировых аналогов не оставляет инородных частиц в организме-носителе, а также позволяет получать структуры без перегрева частиц и с большей точностью, что способствует быстрому и комфортному излечению пациента. Надеюсь, что с помощью структур, полученных таким методом, каждый человек с неправильно сросшимся переломом или малым дефектом костной ткани сможет излечиться и перестанет испытывать дискомфорт.

2. Больше всего мне запомнилась выставочная секция, тематика которой была очень широкой. Среди прочего на этой выставке были наглядно представлены перспективные, нетрадиционные применения уже известных технологий.

3. Мечтаю о том, чтобы на следующий конгресс со мной пришел человек, которому мои структуры помогли устранить костные дефекты. И чтобы сам рассказал о тех успехах, которые он испытывал в процессе лечения.

A2

A3

От анализа
к синтезу

A1 → Поблагодарив за такую оценку, Михаил Ковальчук счел необходимым акцентировать обстоятельства, что первый Российский кристаллографический конгресс был задуман и готовился как национальный.

— Но это ни в коей мере не означает, что мы хотим закрыться от мира, — пояснил он. — Примерно 20 процентов от всех докладов, заявленных в программе конгресса, выполнены с иностранным участием. То есть каждый пятый. Это значит, что научное сотрудничество не прерывается, а живет — вопреки всем политическим скандалам...

На конгрессе в Москву, по приглашению оргкомитета, приехали представители Международного союза кристаллографов и руководители европейских научных центров. А сама Россия за последние пятнадцать лет стала значимой частью мирового, в первую очередь европейского научного ландшафта.

— Мы участвуем во всех мегапроектах, которые реализуются мировым научным сообществом в Европе: CERN, FAIR, ITER, XFEL, ESRF. То есть не просто открыты международному сотрудничеству, но и продемонстрировали нашу волю, войдя в европейские мегапроекты, вложив туда деньги, а во многих случаях став интеллектуальными и технологическими донорами, — подчеркнул Михаил Ковальчук.

Научная программа форума, которая была насыщенной во все пять дней, стала убедительным подтверждением сказанному. Уже в первый день председатель Совета Российского фонда фундаментальных исследований академик РАН Владимир Попов представил доклад «Увидеть — значит понять:

от пространственной структуры к биологической функции». Было показано, как визуализация, расщепление пространственной структуры биомолекулы позволяет выявить принципы работы сложных белковых комплексов.

Помимо двух-трех — ежедневных — пленарных докладов была организована работа 6 тематических секций и 8 микросимпозиумов. На них рассматривали вопросы, связанные с технологиями создания материалов для солнечной энергетики, микро- и нанолитронике, сверхпроводящих материалов, а также конструирования, композиционных, химических и радиационно стойких материалов. По-деловому обсудили методы исследования структуры новых материалов и вопросы создания современной приборной базы, необходимой для решения задач самой кристаллографии, а также для проведения исследований в интересах смежных, в том числе гуманитарных наук.

Особое внимание было уделено образовательным аспектам в современной кристаллографии. Ведь если говорить о ней как о методологии новой науки, надо и кадры готовить соответствующим образом, отметили участники конгресса. Уже сейчас, главное, на примере кристаллографии и физики, с которыми тесно взаимодействует Курчатовский центр, надо переходить от узко-специального преподавания к междисциплинарному.

А сам конгресс, сообщил его участникам Михаил Ковальчук, стал масштабным научным мероприятием благодаря тому, что на его подготовку и проведение были привлечены не только бюджетные, но и внебюджетные средства. От имени оргкомитета была выражена признательность за поддержку госкорпорации «Росатом», Объединенной судостроительной корпорации, правительству Москвы и Европейскому центру синхротронного излучения ESRF.



На доклады докладчиков живо реагировали их коллеги в зале.

Взгляд Биотехнологии соединили практику с наукой

Фабрика белков
принимает заказы

Александр Емельяненко

На вопросы «Российской газеты» отвечает директор Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии», член-корреспондент РАН Владимир ПОПОВ.

Ваш пленарный доклад «От пространственной структуры к биологической функции» в день открытия конгресса задавал высокую планку научной дискуссии. Почему вы так сформулировали главный посыл? И какая взаимосвязь между структурой биомолекул и функцией?

Владимир Попов: До 80 процентов информации об окружающем мире дает нам зрение. То же самое со структурной биологией: без знания того, как устроена биологическая макромолекула, невозможно понять, как она функционирует. А именно это и интересует исследователя. В конце концов нам ведь важна именно функция: почему, как, при каких условиях, когда происходят молекулярные процессы в живых системах? По большому счету, выделение вопроса о взаимосвязи функции и структуры — в широком смысле этого слова, как структурной организации, — это один из основных вопросов биологии как науки.

Какие методы определения структуры использует структурная биология и где еще они находят применение?

Владимир Попов: Таких методов, которые позволяют определить пространственное строение макромолекул и их комплексов с высоким разрешением, вплоть до атомного, в настоящее время несколько. Рентгеноструктурный анализ, сокращенно — РСА, ЯМР-спектроскопия (то есть на основе явления ядерного магнитного резонанса) и крио-электронная микроскопия (крио-ЭМ). Все они имеют свои достоинства и недостатки. Около 90 процентов всей структурной информации пока получается методом РСА, который остается «рабочей лошадкой» структурной биологии.

Структурная биология является надежным базисом современной физико-химической биологии в целом. Именно с ее помощью получены данные о функционировании основных систем живой клетки: системы сохранения и передачи наследственной



На докладе Владимира Попова в зале пленарных заседаний почти не осталось свободных мест.

Акцент

Получение белковых кристаллов было и все еще остается узким местом структурной биологии

информации, строении разнообразных белков, механизме действия ферментов и т.п. Данные о структуре макромолекул незаменимы при создании новых лекарственных препаратов (необходимо знать структуру мишени потенциального лекарства), при разработке и оптимизации новых биокатализаторов, в также при конструировании de novo принципиально новых белков с заданными свойствами.

Что такое белковая фабрика Курчатовского института? Для чего нужна и как работает?

Владимир Попов: Это структурное подразделение НБИКС Центра,

которое организовано по инициативе руководителя НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчука. Если совсем коротко, белковая фабрика является своего рода связующим звеном.

Между чем и чем?

Владимир Попов: Между постановкой биологической задачи, выбором объекта исследования (разработка лекарственного препарата, создание биокатализатора для целей биотехнологии, какая-нибудь фундаментальная проблема биологии и т.п.) и получением информации о структурной организации данного объекта. Белковая фабрика призвана обеспечить и

обеспечивает многие технологические этапы научно-исследовательского процесса. Например, клонирование генов, кодирование объектов, отобранные для исследования. Экспрессию соответствующих белков (то есть их синтез в клетке под контролем соответствующих генов). Очистку белковых препаратов и подготовку их для кристаллизации, получение кристаллов белков и их комплексов, пригодных для рентгеноструктурного исследования. Плюс ко всему обеспечивает проведение кристаллографического эксперимента и получение искомой пространственной структуры.

Это уже в вашем активе или пока еще в планах?

Владимир Попов: В рамках Белковой фабрики реализовано немало оригинальных методов по экспрессии и очистке белков, которые позволяют получать препараты макромолекул в достаточном количестве и необходимого для последующей, например, кристаллизации. А получение белковых кристаллов было и остается узким местом структурной биологии. Во многом это до сих пор искусство. Как чаще поступают? Варьируют условия кристаллизации — пробуют сотни, тысячи различных комбинаций. Ясно, что лучше это делать в автоматическом режиме с помощью роботизированных методов.

Так вот наша лаборатория — единственная в России, которая располагает высокопроизводительным роботизированным комплексом по кристаллизации макромолекул. Уже одно это обеспечивает высокий процент успеха реализуемых при нашем участии структурных проектов.

В свое время нас убеждали, что «лучшие друзья девушек — бриллианты». А вы в докладе заявили, что вовсе не алмазы, а белковые кристаллы — самые дорогие кристаллы в мире. Что стоит за этим утверждением?

Владимир Попов: Ничего, кроме фактов. Для получения одного кристалла нужны трудозатраты около 1 человека/года. На сложные белки, например мембранные, до десяти раз больше, что и определяет их ценность. При этом не будем забывать: условия кристаллизации плохо воспроизводятся, даже если известна вся исходная документация. Поэтому ученые так дорожат хорошими кристаллами.

На этом поле
никому не тесно

A1 → **Сергей Старчиков**, Отдел ядерных методов и магнитных структур ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, кандидат физико-математических наук:

1. Моя работа посвящена изучению свойств микрокапсул, оболочки которых модифицированы (декорированы) магнитными наночастицами. Такие объекты очень важны для различных биомедицинских применений. В частности, для адресной доставки лекарств в живых организмах. Благодаря поддержке Российского научного фонда нам удалось провести уникальную научную работу и показать, что подобные композиции обладают необходимым набором свойств для применения не только в адресной доставке лекарств, но и в диагностике и биосепарации.

2. Безусловно, это микросимпозиум «Сверхпроводники и сверхпроводящие структуры». За подобными материалами будущее, они основа энергоэффективных, высокотемпературных и компактных устройств различного назначения. В ходе заседаний было рассказано не только о фундаментальных научных прорывах в этой области, но и о прикладных разработках в технологии производства ВТ-СП-лент второго поколения. В нашем Отделе ядерных методов и магнитных структур ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» уже сейчас ведутся уникальные исследования сверхпроводимости при высоком давлении.

3. Я работаю над изучением свойств наночастиц и наноконструкций на основе халькогенидов и оксидов переходных металлов, их комбинации с графеном и оксидом графена. Кроме того, участвую в исследованиях свойств мультиферроиков и перспективных сверхпроводников при высоких и сверхвысоких давлениях, вплоть до нескольких миллионов атмосфер. На мой взгляд, сверхпроводимость и нанотехнологии — это два основных направления, в которых сотрудникам нашей лаборатории есть чем удивить коллег.

Григорий Сергеев, старший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»:

1. В стендовом докладе были представлены результаты исследований электронной структуры сплавов германия с теллуром и сурьмой. Такие сплавы используются для изготовления различных видов оптической перезаписываемой памяти — CD, DVD и Blu-Ray-дисков. Высоко оцениваются перспективы создания на основе данных материалов энергозависимой электронной памяти.

2. Самое яркое впечатление от конгресса — это чрезвычайно интересные и информативные доклады пленарных заседаний и, конечно, выступление председателя конгресса М.В. Ковальчука. Приятно удивил масштаб конгресса и активное участие в нем молодых ученых.

3. В дальнейшем я планирую продолжить теоретические исследования структуры и свойств сплавов германия с теллуром и сурьмой. Эта область материаловедения является одной из самых актуальных с научной и практической точек зрения.



Самыми заинтересованными участниками конгресса стали молодые ученые, аспиранты, студенты и преподаватели из Новосибирска, Иркутска, Ростова-на-Дону, Екатеринбургa.

Дмитрий Воронцов, физик, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского:

1. У меня в докладе представлены результаты изучения кристаллизации льда в водных растворах антифриз-протеина, экстрагированного из полярных рыб. Этот протеин замедляет процесс рекристаллизации льда и модифицирует форму растущих кристаллов. Благодаря такому протеину рыбы могут существовать в морской воде с температурой ниже нуля градусов. А клетки, замороженные в растворе антифриз-протеина, способны сохранять жизнеспособность после оттаивания. Как мне представляется, результаты исследования найдут применение в биологии и медицине при хранении тканей и клеток, в пищевой промышленности (для создания новых технологий заморозки продуктов) и в селекции морозостойких сельскохозяйственных культур.

2. Такой конгресс уже сам по себе яркое событие: очень много интересных людей, направлений исследований. С удовольствием принимаю участие.

3. Планирую продолжать исследования по избранной теме.

Дмитрий Багров, младший научный сотрудник Федерального научно-клинического центра физико-химической медицины, ФМБА России:

1. Для того чтобы выполнять свои биологические функции, белкам нужна определенная пространственная структура. Ее нарушения часто приводят к тому, что белки или их фрагменты, пептиды, начинают слипаться и формировать протяженные фибриллы. Такие процессы идут при некоторых заболеваниях, амилоидозах — например, при болезни Альцгеймера. Существуют некоторые фибриллы, которые по структуре похожи на амилоидные, но при этом не связаны ни с амилоидозом, ни с патологиями вообще. Например, исследованные в нашей работе фибриллы пептида RADA-16-1 — события бесследно разлагаются в организме и даже могут применяться в медицине. Мы использовали методы микроскопии высокого разрешения, чтобы определить размеры фибрилл из RADA-16-1 и сравнили их с ожидаемыми размерами отдельных молекул. Нам удалось в прямом смысле слова посчитать молекулы, входящие в состав фибриллы, и за счет этого лучше понять ее структуру.

2. На РКК-2016 меня поразило разнообразие тем докладов. Вместе были собраны работы из очень разных сфер: материаловедения, биомедицины, гуманитарных дисциплин.

3. Надеюсь, что на следующем конгрессе смогу выступить с более прикладной работой, которая будет не только научной, но и технической, будет более плотно связана с новыми продуктами или услугами.

ЦИФРА

900
УЧАСТНИКОВ

в возрасте до 35 лет заявили о желании работать на конгрессе и представить свои доклады

→ A3

Многогранна как мир

A1 → Первый этап развития кристаллографии был связан с копированием природных структур и процессов, что заложило основу промышленных технологий искусственного роста кристаллов. Уже в первые годы развития Института кристаллографии была заложена идеология научного развития, базирующаяся на триаде «рост — структура — свойства» и подразумевающая глубокую взаимную связь между этими понятиями. Второй этап включал в себя развитие методов структурного анализа, изучение структуры кристаллов этими методами и переход к изучению биоорганических кристаллов.

На этапе, который мы переживаем сейчас, обозначился качественный переход к новым принципам научных исследований и организации всей сопутствующей работы. В чем это выражается? Налицо переход от кристаллов к неструктурированным средам и живым системам; от макрообъек-

тов к микро- и нанобъектам; от трехмерных двумерным и одномерным структурам; от дифракции к нефракционным методам.

Методология развития кристаллографии такова, что она прошла путь от подражания природе к искусственному конструированию объектов, не имеющих аналогов в природе. Из узкоспециализированной минералогии кристаллография стала сложной междисциплинарной наукой. Суть ее в сочетании возможностей и достижений геологии, химии, физики, а на следующем этапе — и биологии. Такой междисциплинарный подход стал методологией науки XXI века, когда сложные достижения сразу многих дисциплин дают прорыв и принципиально новый результат.

Сегодня мы достигли той стадии, когда дальнейшее развитие науки, образования, промышленности возможно только на междисциплинарной основе, конвергенции, взаимопроникновения наук и технологий, ведь сама

природа конвергентна по своей сути. Такой междисциплинарный симбиоз нанотехнологических подходов с достижениями молекулярной биологии, биотехнологии, геномной инженерии, информационных технологий, когнитивных и социогуманитарных наук становится базой для развития конвергентных нано-, био-, информационных, когнитивных и социогуманитарных НБИКС-технологий.

НБИКС-технологии позволяют создавать антропоморфные технические системы, подобные конструкциям, создаваемым живой природой. Будут разработаны гибридные нанобиотехнологические системы, биоробототехнические системы на основе технологий атомно-молекулярного конструирования и самоорганизации.

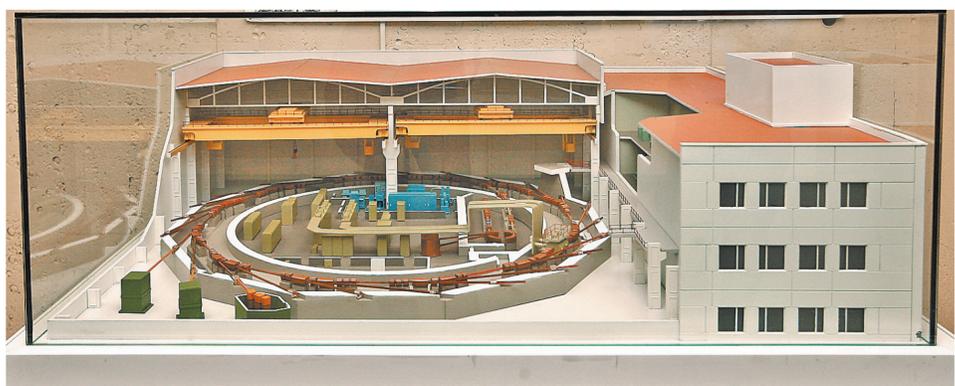
Кристаллография, с ее междисциплинарной сущностью, будет играть крайне важную роль в развитии конвергентных наук и создании природоподобной техносферы в XXI веке. Впереди — со-

здание таких «дружелюбных природных» технологий, которые не причиняют вреда окружающей среде. И кристаллография станет одним из важных звеньев в реализации этих сложнейших процессов.

В нашей стране уже создана и работает уникальная сетевая инфраструктура для проведения таких инновационных исследований на базе ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, ФНИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, НИЦ «Курчатовский институт» и еще целого ряда исследовательских институтов, университетов и научных центров России.

Публикация подготовлена по материалам доклада

М.В. Ковальчука «Кристаллография — методология междисциплинарной науки XXI века» на открытии Первого Российского кристаллографического конгресса.



Курчатовский источник синхротронного излучения (был представлен на конгрессе в виде макета) загружен работой практически круглый год.

ДОСЬЕ «РГ»

КЛЮЧЕВЫЕ ВЕХИ РАЗВИТИЯ
КРИСТАЛЛОГРАФИИ

1940—1960 гг. — копирование природы; промышленные технологии роста кристаллов. Но уже в 1958 году в СССР по инициативе Б.К. Вайнштейна создана лаборатория белковой кристаллографии.

1960—1990 гг. — исследование структуры кристаллов; дифракционные методы; переход к изучению биоорганических кристаллов; развитие аналитических подходов. Как следствие — в 1985 году по инициативе М.В. Ковальчука создана лаборатория синхротронного излучения нанотехнологий.

Сначала 1990-е годов — качественный переход от кристаллов к неструктурированным средам и живым системам; от макрообъектов к микро- и нанобъектам; от трехмерных к двумерным и одномерным объектам; от дифрактометрии к нефракционным методам; от узкой специализации к междисциплинарным исследованиям; от подражания природе к конструированию объектов, не имеющих аналогов в природе; от анализа к синтезу. Знаковое событие — пуск 1 октября 1999 года в Курчатовском институте первого в России специализированного источника синхротронного излучения.

ОТЧЕТ О ПРАКТИКЕ

Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова (с 2015 года — в составе ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН) разработал и запустил в производство на 29 предприятий Москвы, Ленинграда, Харькова, Киева, Сум, Кировограда, Тбилиси и др. более 50 новых технологий, приборов и устройств. Внедрены в промышленность технологии получения и обработки синтетического кварца, крупных монокристаллов YAG кристаллов иттрий-алюминиевого граната, лейкосапфира и других люминесцентных кристаллов для специальных счетчиков. Разработаны новые методы роста кристаллов: графопитания, выращивание нитевидных кристаллов, твердофазное сращивание монокристаллов, методики выращивания биокристаллов. Внедрено оборудование для рентгеновских, синхротронных и нейтронных исследований.

ИМЯ В НАУКЕ

Евграф Степанович ФЕДОРОВ еще в 1891 году описал симметрию всего разнообразия кристаллических структур (230 пространственных групп).

Владимир Иванович ВЕРНАДСКИЙ своими работами в области геологии, почвоведения, кристаллографии, минералогии, геохимии, радиогенеза, биологии, биогеохимии, истории и философии сформировал учение о ноосфере и основал новую науку — биогеохимию.

Алексей Васильевич ШУБНИКОВ — основатель и первый директор Института кристаллографии. Объединил теоретические и прикладные аспекты кристаллографии, руководил созданием в СССР промышленности синтетических кристаллов как основы многих технологий.

РАКУРС Зачем на компьютерном томографе исследуют египетские мумии
В союзе с археологом

Александр Смоленцев

«КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ методы в гуманитарных науках» так называлась одна из шести тематических секций конгресса. Представленные на ней доклады и сообщения отражали два актуальных на этот момент направления: исследования артефактов из металла (главным образом, монет), а также органических объектов, керамики и красителей (в частности, древних росписей, строительных минералов, стекла, итальянской майолики и т.п.).

По словам директора Института археологии РАН Николая Макарова, сделавшего перед этим пленарный доклад, вопрос о более тесном взаимодействии гуманитарных и естественных наук в изучении нашего прошлого возник не вчера. Еще в 1963 году в Москве состоялось всеозоное совещание «по применению в археологии методов исследований естественных и технических наук». За 60 лет, прошедшие с того времени, горизонты взаимодействия широко раз-

двинулись, многие новаторские методы (дендрохронология, радиоуглеродное датирование) стали обычной частью археологических проектов, хотя не и утрачили своего фундаментального значения.

Докладчик признал, что обновление и даже перемена картин древнего и средневекового прошлого, происходит в современной археологии в значительной степени за счет осмысления результатов междисциплинарных проектов.

«Я не стал бы говорить, что новые открытия переворачивают канонические научные представления», — заключил Николай Макаров. — Но в нашем видении крупных явлений прошлого многое меняется. Так, неожиданно выясняется, что лесостепные скотководы эпохи бронзы были оседлыми, малоподвижным населением. Популярными в балто-славянской среде «варварские эмали» в римское время производили не варвары, а античные мастера. Полученные нами массивы радиоуглеродных и дендрохронологических дат создают новую основу хронологии того, как зарождалась металлургия меди и бронзы, как возникли и укреплялись древнерусские города.

Учитывая давление урбанистической среды на исторические ландшафты и риск утраты археологических памятников при реализации крупных инфраструктурных проектов, повышение полноты выявления и качества документирования древних объектов с использованием технических средств остается актуальной и благородной задачей, заключил академик Макаров.

ЦИФРА

13
ТЫСЯЧ

монет из основного фонда Эрмитажа проверили на структурный состав в лабораториях Крымского федерального университета

КОММЕНТАРИЙ

Екатерина Яцишина,

заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт», руководитель Лаборатории естественных-научных методов в гуманитарных науках Курчатовского комплекса «НБИКС-технологий»:

Исследования объектов культурного наследия современными физическими методами развиваются во всем мире как художественно-исторические музеях, исторических институтах, так и естественно-научных центрах. В НИЦ «Курчатовский институт» сосредоточено самое современное оборудование, в том числе, для элементного, фазового, рентгенофлуоресцентного анализа, рентгеновской томографии и интроскопии, газовой хроматографии и масс-спектрометрии, микроанализа и электронной микроскопии, геномного анализа, магнитно-резонансной томографии и компьютерной томографии, а также 3D сканирования и т.д. Очевидно, что такой комплексный, междисциплинарный подход обеспечивает наиболее полные и достоверные результаты. Только за последний год нашей лабораторией совместно с Институтом археологии РАН, Государственным историческим музеем, Музеем изобразительных искусств им. А.С. Пушкина и другими учреждениями начаты и успешно развиваются работы по исследованию различных артефактов и археологических объектов. Часть исследований практически закончена, и по результатам комплексных, междисциплинарных исследований вышел ряд публикаций, другая часть продолжается. Основное направление изучения изделий из металлов в археологической науке сфокусировано на анализе культурно-хронологического контекста. Спектр таких предметов, исследуемых в нашей лаборатории естественных-научных методов в гуманитарных науках Курчатовского НИЦ-Центра, довольно широк: предметы бронзового века, датируемые IV-III тысячелетиями до н.э. (Государственный исторический музей), медные и бронзовые изделия позднескифского периода (II-I вв. до н.э.) из раскопок археологической экспедиции Крымского федерального университета, средневековые бронзовые изделия — древнерусские кресты-энколпионы XII в. (Институт археологии РАН), предметы европейского возрождения XV века (ГМИИ им. Пушкина).

Тенденции Чему и как учат на совместном факультете Московского физтеха и НИЦ «Курчатовский институт»
Кристалл науки



Алексей Дуэль

Чтобы сделать мир, в котором мы живем, удобным для людей, надо разбираться в том, из чего и как устроена материя. Это важнейший постулат в работе специалистов-кристаллографов. Кто они такие и где можно получить эту профессию, в интервью «РГ» рассказал декан факультета нано-, био-, информационных и когнитивных технологий (ФНБИК) Московского физико-технического института профессор Павел Кашкаров.

Научное ядро НБИКС-центра — Курчатовский исследовательский синхротрон. Чтобы с его помощью проникать в тайны материи, надо иметь очень сильную подготовку по физике и математике. Кроме этого, необходимо хорошо разбираться в смежных дисциплинах и науках: химии, биологии, нанотехнологиях. Наши студенты учатся в МФТИ и сдают госэкзамены по физике и математике, но знания в смежных областях у них не менее

важны, чем в основной специальности. После зачисления на ФНБИК МФТИ все студенты принимаются в штат Курчатовского института. Тем самым они получают доступ ко всей его инфраструктуре, включая библиотеку, поликлинику и столовую. Лучшим студентам выплачивается стипендия им. А.П.

На конгрессе, как и на лекции в университете, всегда можно найти интересного собеседника.

профессии очень хорошо разбираться и ориентироваться во множестве других. Ведь космос — это не только физика, там и химия топлива, и инженерные системы, и медицина, и все на свете. Вот таких специалистов, способных не только провести исследование, но и понять, как и для чего надо использовать их результаты, мы и готовим.

Кроме того нельзя делать всю систему образования мультидисциплинарной — это ее попросту развалит. Хорошо образованный кристаллограф замечательно изучит параметры кристалла, не ошибется, выдаст результат с точностью до пяти знаков после запятой. Это совершенно необходимая работа. Тем более для кристаллографических исследований достаточно и довольно простого оборудования: рентген-установки и дифрактометра. Синхротрон позволяет работать быстрее и с большей точностью. Просто рядом с узким специалистом должен быть коллега с более широким кругозором, который сможет правильно интерпретировать полученные данные.

Какие направления кристаллографии сейчас наиболее перспективны, чему студентам стоит уделить особое внимание? **ПАВЕЛ КАШКАРОВ:** В первую очередь, стоит посмотреть на неупорядоченным системам: белкам и другим биологическим наночастицам. Понятно, что белок в обычном состоянии не кристалл. Но его можно вырастить и потом уже изучить полученную структуру. Словом, кристаллография — не только способ познать наномир, но и один из способов сделать жизнь человека лучше.

Акцент

Кристаллография помогает изучить наномир и сделать лучше жизнь человека

крепкие. На площадках НИЦ «Курчатовский институт» проходят практики более 400 студентов различных вузов, а также выполняют диссертационные исследования более 200 аспирантов — как Курчатовского института, так и вузов-партнеров. Если молодых ученых поддерживать, они дают очень хорошие результаты. А сам «Курчатовский институт» — великое место, чтобы делать научную карьеру.

Александрова. А уж после того, как они подготавливаются к научным группам, могут участвовать в выполнении проектов, и их доход существенно увеличивается. Благодаря такой обеспеченности ребята могут спокойно сосредоточиться на учебе. И дальше уже наша задача сделать так, чтобы им было интересно.

Почему вы пошли по пути подготовки мультипрофессионалов, а не стали готовить узких специалистов для работы в смешанных коллективах? **ПАВЕЛ КАШКАРОВ:** Современная наука становится все более междисциплинарной, поэтому нам нужны новые ученые такого уровня, как Сергей Королев или Игорь Курчатов. Они смогли построить для нашей страны космическую и ядерную отрасли только потому, что помимо doskonaльного знания своей непосредственной

Как удается дать студентам такое обширное образование? **ПАВЕЛ КАШКАРОВ:** Очень важно грамотно организовать весь образовательный процесс. У нас созданы отличные условия для занятий студентов МФТИ. Они, в основном, обучаются в кампусе Курчатовского института. От учебных аудиторий до научных лабораторий 10 минут ходьбы. Для инородных создано обще-

На этом поле никому не тесно

А3 **Дмитрий Абин, аспирант Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, кафедра 70, института ЛяПлас, Москва:**

1. Я принимал участие в Первом Российском кристаллографическом конгрессе в рамках микросимпозиума по сверхпроводимости. А мой стендовый доклад посвящен структуре и свойствам композитов на основе MgB2 (дигирида магния). В работе изучались токовые характеристики промышленных проводов на основе MgB2 в зависимости от температуры и величины внешнего магнитного поля. Свойства проводов необходимо знать для расчета характеристик и намотки сверхпроводящих соленоидов, которые служат основой для создания безжидкостных криомагнитных систем. Подобные системы используются для исследований в химических и физических лабораториях для создания постоянного магнитного поля, величиной до 5 Тл. Применение новых материалов (в частности, MgB2) позволяет удешевить изготовление и увеличить рабочую температуру прибора. Наша разработка соответствует мировому уровню и не имеет российских аналогов. В рамках научной группы получен опыт работы с новым материалом, который обладает широкими перспективами применения для различных разработок, например, для создания аппаратов МРТ (магнитно-резонансная томография) и ветрогенераторов нового поколения.

2. Произвел впечатление и масштаб, и уровень организации мероприятия. Я выступал на крупных международных конференциях EUCAS 2015 во Франции и MT24 в Южной Корее и могу сказать, что наш Кристаллографический конгресс ни в чем им не уступает.

Александр Казак, старший научный сотрудник НИИ наноматериалов Ивановского государственного университета, кандидат химических наук:

1. Представленный мною доклад был посвящен комплексному исследованию довольно сложного соединения под названием фталоцианин, который обладает жидкокристаллическими свойствами в объеме. Совокупность использованных нами современных независимых друг от друга методов позволила изучить процессы самоорганизации данного соединения на поверхности раздела фаз вода/воздух и в пленках Ленгмюра-Шеффера, а также определить их структуру. Полученные результаты необходимы для создания эффективных органических электрооптических и фотовольтаических устройств.



Дипломы авторам лучших стендовых докладов вручал председатель конгресса Михаил Ковальчук.

2. Для меня самым ярким и запоминающимся на конгрессе было большое количество интересных и продуктивных встреч с коллегами.

3. В дальнейшем хотел бы развивать избранное направление и постараться совместить фундаментальные (структурные) исследования с разработкой современных эффективных компонентов фотовольтаических устройств.

Анастасия Лильина, студентка 6-го курса химического факультета МГУ, лаборатория ядерной энзимологии ФИЦ «Биотехнологии» РАН:

1. Тема моего доклада — «Структурно-функциональная характеристика флавоцитохром S сульфидогидрогеназы из *Thioalkalivibrio paradozum*». Задача узкоспециальная, но если в самых общих словах, то основная цель работы — установление пространственной структуры белка и определение его кинетических параметров. Знание структуры фермента позволяет понять принцип его работы, а это, в свою очередь, поможет найти ему практическое применение. Например, флавоцитохром S сульфидогидрогеназы катализирует превращение сульфида в серу и может использоваться для избавления от токсичных сульфидных примесей.

2. Мне очень понравилась секция, посвященная кристаллографии в биологии и медицине. Сложно выбрать самую яркую лекцию, потому что все они были крайне интересными и познавательными. Также запомнил лекцию в НИЦ «Курчатовский институт», большое спасибо нашим экскурсоводам за подробный рассказ об истории и лабораторных института.

3. Современная наука открывает новый путь в фармакологию, когда поиск лекарственных средств ведется не путем случайного перебора возможных вариантов, а точным подбором свойств и структуры лиганда для оптимального взаимодействия с белком-мишенью. В будущем я хотела бы заниматься структурными исследованиями человеческих белков, которые представляют особый интерес в качестве мишеней для создания новых лекарств.

P.S.

За помощь и содействие в сборе материалов для этого выпуска «Российская газета» благодарит Оргкомитет первого Российского кристаллографического конгресса, заместителя директора ФИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН О.А. Алексееву, а также ученого секретаря конгресса Ю.А. Дьякову.

МНЕНИЕ Одноименная выставка добавила красок в палитру конгресса

Пришел, увидел, оценил

Александр Смоленцев

В рамках первого Российского кристаллографического конгресса «От конвергенции наук к природоподобным технологиям» и на его рабочих площадях в 75-м павильоне ВВЦ была развернута одноименная выставка.

Рядом с макетом первого в Евразии атомного реактора Ф-1, моделями подводных лодок, легионов и современных научных мегаустановок НИЦ «Курчатовский институт» были представлены уникальные разработки, инструменты и приборы для исследований, а также образцы инновационной продукции. Живой интерес вызвали наноструктурированные материалы и устройства для сверхпроводящих систем, биоразлагаемые материалы медицинского назначения, разработки в области нейрокognитивных технологий.

Акцент

Мы выступаем за разумную кооперацию между существующими лабораториями

Цельный набор «умных технологий» был представлен на стенде правительства Москвы. А на соседнем стенде плодотворно работали представители компании TechnInfo. Под занавес конгресса мы поинтересовались, насколько полезным для их бизнеса было участие в такой выставке.

Олег Корнейчик, руководитель отдела, ведущий специалист TechnInfo: — На протяжении многих лет мы тесно сотрудничаем с Курчатовским институтом и академиче-

скими организациями. Участвуем во всех основных конференциях, в том числе посвященных вопросам кристаллографии и кристаллологии. Но этот конгресс превзошел по охвату участников все, что было ранее. Здесь мы получили большое количество новых контактов, а вслед за ними, надеемся, будут перспективные проекты.

А в чем интерес вашей компании? Вы предлагаете какие-то приборы, установки, заинтересованы в научной кооперации? Или в инте-

ресах своего учредителя ведет мониторинг того, что появляется интересное в России — для Запада, на Западе — для России? **ОЛЕГ КОРНЕЙЧИК:** У нашей компании — российское юрлицо, и большая часть сотрудников — это русские люди. Да, мы являемся поставщиками оборудования, и на таких конгрессах собираются наши клиенты — уже состоявшиеся или потенциальные. Они нам, а мы им помогаем развиваться: обслуживать, снабжать и во всех других формах сопровождать работу научных лабораторий. Здесь собираются люди, которые могут быть интересно получить оборудование не сегодня, а в будущем, под какие-то перспективные задачи. Мы это обсуждаем и согласовываем.

А поставки откуда? Все оборудование импортное? **ОЛЕГ КОРНЕЙЧИК: Во все оборудование производим в Рос-**

сии, и на это тоже нужны заблаговременные контакты и сопутствующая информация: что и когда нужно производить, как и под какие задачи изменить то, что уже производим. Мы выступаем за теснейшую кооперацию между существующими лабораториями. Потому что поставляют десятки одинаковых (и, как правило, очень дорогих) приборов на территории РФ не всегда необходимо. Нередко оказывается так, что даже в крупных лабораториях работают специалисты высокого уровня, оборудование оказывается недозагруженным.

И какое-то время могло бы работать в интересах другой лаборатории? **ОЛЕГ КОРНЕЙЧИК: Именно! И мы готовы обеспечить какие-то сервис, стать медиаторами в этой области, используя российские, и в редких случаях даже иностран-**

Российская Газета

УЧРЕДИТЕЛЬ ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РАССАИЗДАЕТСЯ С 11 НОЯБРЯ 1990 ГОДА

Главный редактор «Российской газеты»: В.А. Фролов
Адрес редакции: ул. Пролетарская, 24, стр. 4, Москва 125993
ФЕД «Российская газета»
Адрес: Москва, Пролетарская ул. 24
Телефон: 4 99 257 5460
Факс: 4 99 257 5892
Контакт-центр по вопросам подписки и доставки: 8 800 100 1113 (звонок бесплатный по России)

Генеральный директор ФГБУ «Редакция «Российской газеты»:
П.А. Негина
Идентификация: ул. Пролетарская, 24, стр. 4, Москва 125993
340 «Идентификация «Российская газета»
Телефон: 4 99 257 5362
Факс: 4 99 257 5122
Почтовый индекс: 105042, 17900, 06290, 42006
налоговая: 50202, 16508, 30201, 19589, 24701, 24200, 24885, 24201, 01187, 00912, 04042, 04040, 12568, 12591
Комплекты: 17991, 00912, 04042, 04040, 12568, 12591

Заказы на размещение рекламы в «РГ» и ее приложениях: телефон: 8 499 257 3752, 786 6787, факс: 8 499 257 5764, 8 499 257 5041, reklama@rg.ru
Справки по подписке и доставке: тел. 8 499 257 5142, по розничным продажам: 8 499 257 4023, 8 800 100 11 13 (звонок бесплатный)
Справки по вопросам экономики: тел. 8 499 257 5380, экономика@rg.ru; политика: тел. 8 499 257 5970, politika@rg.ru; официальные публикации: тел. 8 499 257 5976, official@rg.ru; международный звонки: тел. 8 499 257 5983, teleorg@rg.ru; региональный сет: тел. 8 499 257 3803, region@rg.ru; телерадиорегистр: тел. 8 499 257 5820, dir@rg.ru; спортивная: тел. 8 499 257 5845, sport@rg.ru; публикации: тел. 8 499 257 5256, biblioteka@rg.ru; обществу: society@rg.ru; новости: тел. 8 499 257 5348, hotnews@rg.ru; культура: тел. 8 499 257 5111, culture@rg.ru

Отпечатано: АО «Полиграфический комплекс «Экстра-М» 143405, Московская обл., Красногорский р-н, г. Красногорск, индустриальный район «Восток», 23 км, владение 1, дом 1
Время подписки: печать: Петрозаводск: 18:00
Фактически: 18:00
Дата выхода в свет: 08.12.2016 г.
Приложение является составной частью «Российской газеты» и распространяется только в составе газеты
Свободная цена
ТМ: № 16-12-00108

Региональные филиалы ФГБУ «Редакция «Российской газеты» в городах:
Архангельск (8182) 20-40-59 info@rg.ru; Барнаул (3852) 66-72-37 info@rg.ru; Бишкек (109437) 01-15-10 info@rg.ru; Бийск (3852) 25-34-89 info@rg.ru; Волгоград (8492) 79-25-08 info@rg.ru; Воронеж (473) 250-23-05 info@rg.ru; Екатеринбург (343) 371-24-84 info@rg.ru; Иркутск (3952) 28-83-82 info@rg.ru; Казань (843) 264-41-47 info@rg.ru; Калининград (4012) 52-10-10 info@rg.ru; Кемерово (3843) 35-40-59 info@rg.ru; Краснодар (861) 259-21-11 info@rg.ru; Красноярск (391) 274-48-49 info@rg.ru; Курск (3852) 66-74-24 info@rg.ru; Нижний Новгород (831) 236-09-16 info@rg.ru; Новосибирск (383) 223-88-29 info@rg.ru; Омск (3812) 25-80-16 info@rg.ru; Пермь (342) 234-54-55 info@rg.ru; Ростов-на-Дону (863) 261-91-41 info@rg.ru; Санкт-Петербург (812) 619-45-45 info@rg.ru; Самара (846) 242-75-28 info@rg.ru; Саратов (4832) 27-15-37 info@rg.ru; Симферополь (3652) 06-02-10 info@rg.ru; Ставрополь (8662) 78-48-48 info@rg.ru; Тольятти (8483) 75-29-84 info@rg.ru; Уфа (347) 274-42-40 info@rg.ru; Хабаровск (4212) 31-42-00 info@rg.ru; Челябинск (351) 727-78-98 info@rg.ru; Южно-Сахалинск (4242) 43-20-69 info@rg.ru; Якутск (4112) 42-20-54

© ФГБУ «Редакция «Российской газеты». Все права защищены.
— Любая переписка без письменного согласия редактора является анонимной. Если использование статей возможно только со ссылкой на правообладателя.
— Публикация материалов не гарантирует их возврата.
— За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.
— За текст, опубликованный под псевдонимом, ответственность редакция не несет.
— Региональные выпуски газеты редакцией могут быть внесены изменения.