

## «Они изменили наше представление о двумерных системах»

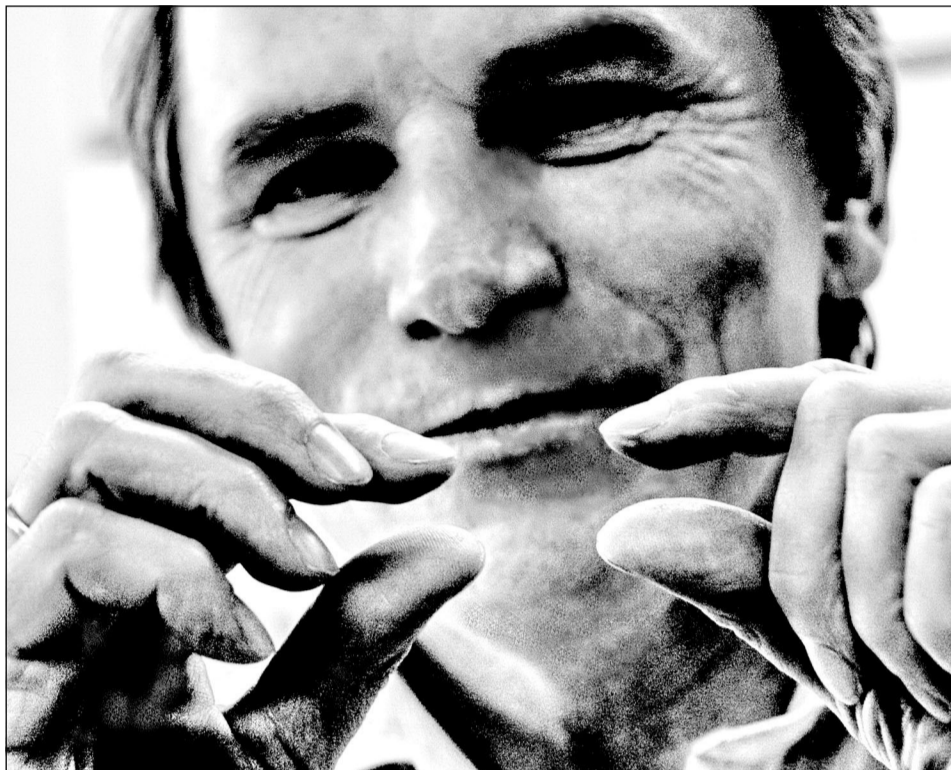
Пятого октября в Стокгольме были названы лауреаты Нобелевской премии по физике за 2010 год: Андрей Гейм и Константин Новосёлов из Манчестерского университета.

Награда нашим соотечественникам, в настоящее время проживающим за рубежом, присуждена за новаторские эксперименты с двумерным материалом графеном, построенным из одного слоя атомов углерода, а также за важный вклад в изучение необычных свойств и характеристик данного материала. Впрочем, хорошо известно, что графеном активно занимаются исследователи многих стран, в том числе и российские. Так в чем же новаторство Гейма и Новосёлова, чем так хорош графен, и каким образом вектор направленности этих работ пересекается с изысканиями россиян?

Лучше чем кто-либо другой ответить на эти вопросы и прокомментировать событие может новосибирский учёный В.Я. ПРИНЦ, профессор, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией физики и технологии трехмерных структур Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН. Он не просто находится «в теме», а добился весомых результатов в области нанотехнологий. Лаборатория имеет пять изобретений, связанных с графеном, на два из которых — графеновый полевой эмиттер и нанодвигатель — уже выданы российские патенты. Выращен графен большой площади (8 см<sup>2</sup>), разработаны сверхчувствительные газовые сенсоры, начаты работы по формированию на основе графена принципиально нового материала с перестраиваемыми свойствами. Около двух лет назад в интервью с корреспондентом английского канала BBC В.Я. Принц предсказал присуждение К.Новосёлову и А.Гейму Нобелевской премии. Итак, слово Виктору Яковлевичу:

— Эксперименты Гейма и Новосёлова — значительное достижение в области исследования квантовых систем. Я считаю, что они изменили наше представление о двумерных системах, показали, что предельно тонкие углеродные пленки имеют огромный потенциал как для науки, так и для практики — и это самое главное. Беспрецедентным является то, что их работы инициировали огромный интерес к графеновым пленкам и лавину публикаций зарубежных ученых (более 1500 статей в год!). Удивительным является также то, что Нобелевская премия получена всего через пять лет после публикации первой статьи авторов.

Для того, чтобы пояснить значимость этой работы, я вынужден сделать краткое введение в проблему. Двумерные электронные системы, т.е. системы, в которых электроны могут свободно перемещаться в двух направлениях, а третьем — перпендикулярном направлении — движение ограничено потенциальными барьерами и «заквантовано», известно давно. За исследование таких систем в полупроводниках уже были присуждены две Нобелевские премии по физике — за открытие квантового эффекта Холла (К. фон Клитцинг, 1985 г.) и за открытие дробного квантового эффекта Холла (Р. Лафлин, Х. Штермер, Д. Цуи, 1998 г.). Недостаток ис-



следованных полупроводниковых гетероструктур заключается в том, что квантовые явления в них проявляются при низких температурах (температурах жидкого гелия). Это следствие небольшой глубины гетероструктурных квантовых ям, при уменьшении толщины которых дискретные уровни энергии электронов просто выталкиваются из них, и сам эффект размерного квантования пропадает. Практического применения низкотемпературные квантовые свойства не нашли.

Понимая это, ещё пятнадцать лет назад мы начали создавать, исследовать и пропагандировать в своих работах предельно тонкие квантовые системы, которые формируются отсоединением от подложки предельно тонких плёнок (потенциальные барьеры квантовых ям при этом увеличиваются в десятки раз). Нами были инициированы отсоединения от подложек монокристаллические плёнки, состоявшие из сотен, а затем и десятков атомных слоев, а в 1999 году мы отсоединили плёнки, содержащие два атомных слоя. Мы работали не только способы массового отсоединения, но и способы формирования из них различных трехмерных структур. Именно из таких структур у нас и за рубежом уже созданы десятки наноприборов и устройств — от трубчатого нанолазера до элементов нанороботов. Я ставил задачу дойти до предельно тонких проводящих плёнок кремния и углерода толщиной в один атом, но по многим причинам решение этой задачи затягивалось — отсутствовало оборудование кон-

троля толщины таких плёнок, не было технологии изготовления контактов к ним. Нашу настойчивость в достижении результата подталкивало и то, что Нобелевский лауреат Л. Ландау предсказывал неустойчивость плёнок толщиной в один атом.

К. Новосёлову и А. Гейму с соавторами в 2004 году удалось показать, что углеродные пленки толщиной в один атом устойчивы, а также измерить их свойства. Ручным механическим способом от углеродной подложки был отсоединен совсем маленький (шириной около 1 микрона) кусочек графена. Удивительно, но им удалось сделать контакты к одиночному микронному образцу, выполнить электрические измерения и обнаружить необычные свойства. Ещё через год после публикации первой статьи, когда тысячи зарубежных ученых занялись теоретическими и экспериментальными исследованиями графена, стало ясно, что соревноваться в изучении его свойств нам не под силу. Наука сейчас стала международной — это общеизвестно. Однако технология должна быть отечественной — об этом говорил еще Д.И. Менделеев, поэтому мы все силы бросили в развитие технологии формирования графена и создание принципиально новых приборов на его основе.

Отмечу неординарность исследований, удостоенных Нобелевской премии по физике этого года. Любая неординарная работа характеризуется двумя чертами. Во-первых, в ней говорится больше, чем известно в дан-

ное время, а во-вторых, она может плодотворно развиваться в направлениях, которые нельзя было предвидеть. А. Геймом и К. Новосёловым с соавторами была выполнена именно такая работа. Им удалось продемонстрировать, что монослойный углерод обладает исключительными квантовыми свойствами, которые проявляются при комнатной температуре, что вызвало огромный практический интерес к графену. В графене квантовый эффект Холла, баллистический и одноэлектронный транспорт наблюдались при комнатной температуре.

Необычным оказалось то, что электроны в графене вели себя как частицы с нулевой массой, скорость их была только в триста раз меньше скорости света, а подвижность электронов при комнатной температуре почти в 1000 раз (!!!) больше, чем в кремнии — современном материале микро- и нанoeлектроники. Гигантская подвижность носителей заряда в графене делает его кандидатом на роль материала для сверхбыстродействующей электроники и компьютеров. Графен характеризуется высокой проводимостью и одновременно оптической прозрачностью. Это один из самых прочных материалов, при этом он очень гибкий, его можно упруго растягивать на 20—30 процентов. В этом его огромный потенциал для оптоэлектроники и создания новых композитных материалов. С использованием таких пленок уже изготовлены сенсоры, элементы памяти, графеновые экраны, прозрачные проводящие контакты для светодиодов, на очереди «гибкая электроника», контейнеры для хранения водорода, графеновые секвенаторы ДНК и т.д. Ещё рано говорить о широком применении, но, к примеру, когда М. Фарадей спросили, что можно делать, используя электрический ток, он предположил — возможно, игрушки...

По моему мнению, графеновые «игрушки» ждёт большое будущее. В 2011 году фирма «Самсунг» уже собирается освоить промышленный выпуск графена на кремниевых пластинах диаметром 15 см. А у США имеется военная программа, по которой к 2013 году планируется получить транзистор на графене, работающий на частоте 500 гигагерц. Как только появится прибор, который функционирует быстрее других, возникает много новых возможностей, и не только в обработке информации.

Думаю, что следующая Нобелевская премия по физике будет присуждена за физику предельных одномерных структур, образованных цепочками атомов с заданными свойствами. Достанется ли эта премия российскому учёному? Это в значительной степени зависит от того, появится ли в нашей стране в ближайшие годы оборудование, соответствующее данной теме.

Беседовала Ю. Александрова, «НВС»  
На снимке:  
— суть нанотехнологических проблем Виктор Яковлевич Принц умеет объяснять «на пальцах».  
Фото В. Новикова

## Трансграничные проблемы: необходима особая программа

20 октября в Чите открылись две конференции, посвященные проблемам сотрудничества приграничных территорий России, Монголии и Китая. В организации и работе обоих мероприятий участвует Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН.

Утреннее пленарное заседание конференции «Международное сотрудничество стран Северо-Восточной Азии: проблемы и перспективы» началось с доклада директора ИПРЭК СО РАН д.г.-м.н. А.Б. Птицына. Он рассказал об экономических и экологических проблемах трансграничных рек. Помимо вопросов загрязнения (в частности, в районе устья реки Сунгари), существуют и трудности, связанные с естественными явлениями: периодическим высыханием и наполнением Торейских озер, а также биологической инвазией, то есть вселиением чужеродных видов. Так, в реке Аргунь появился ротан, активный вид, оказывающий существенное влияние на уже сложившуюся ихтиофауну. Кроме того, серьезную опасность представляют пожары, количество которых резко увеличилось за последние годы. Отметив большую заинтересованность китайских и монгольских коллег во взаимном сотрудничестве, А.Б. Птицын в заключение сказал, что в настоящее время «необходимо создание режима наибольшего благоприятствования при

выполнении совместных научных исследований путем создания специальной управленческой политики в приграничных регионах России, Монголии и Китая». «Задача ученых — подготовка научных оснований для принятия серьезных политических решений», — считает учёный.

Конференция «Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии» официально является одной из секций первого мероприятия, однако фактически проходит по обособленной программе в ИПРЭК СО РАН и имеет отдельный состав как организационного комитета, так и участников. В частности, в качестве сопредседателей этой конференции выступают заместитель председателя СО РАН академик М.И. Эпов и д.г.-м.н. А.Б. Птицын. Работа будет идти по трём направлениям: геоэкологическое, социально-экономическое и гуманитарное. В своем приветствии участникам конференции ак. М.И. Эпов подчеркнул значение разносторонности тематики. «Вчера мы встречались с членами монгольской делегации,

и выяснилось, что у нас есть как общие задачи, так и похожие подходы к их решению. Наши общества должны взаимодействовать по всем вопросам, начиная с литературоведения и заканчивая энергетикой. Всё это входит в спектр докладов конференции, причем, даже если сообщения посвящены частным проблемам, они могут иметь очень важное значение», — сказал он. Оценивая значимость конференции, М.И. Эпов отметил: «Я думаю, это должно быть не просто научное мероприятие. Необходимо, чтобы оно дало толчок организационному направлению в рамках деятельности СО РАН. Мы пригласили директоров нескольких академических институтов Сибирского отделения с тем, чтобы по завершении конференции создать рабочую группу для подготовки соответствующих решений. Как один из руководителей СО РАН я хотел бы видеть в качестве итога конференции предложения по формированию особой программы, которая будет направлена на работу с трансграничной проблематикой», — подчеркнул он.

Екатерина Пустылякова, ЦОС СО РАН

### Конкурс

Учреждение Российской академии наук Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения РАН объявляет конкурс на замещение вакантной должности заведующего лабораторией лесной пирологии по специальности 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация» и 06.03.03 «Агроекология, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними»; необходимо наличие ученой степени доктора биологических наук. Документы для участия в конкурсе подавать в течение одного месяца со дня опубликования объявления. Дата и место проведения конкурса — 23 декабря 2010 г. в 14:00 в конференц-зале ИЛ СО РАН. Требования к участникам конкурса в соответствии с квалификационными характеристиками, утвержденными постановлением Президиума РАН № 196 от 25.03.2008 г. Условия конкурса: с победителями конкурса заключается срочный трудовой договор по соглашению сторон. Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены в сети Интернет на сайте института (<http://forest.akadem.ru>) и Президиума СО РАН (<http://www.sbras.nsc.ru/work/>). Документы на конкурс подавать по адресу: 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр. 28, к. 145. Справки по тел.: 2-49-44-68 (отдел кадров).