

ЧТО техника наука

Дайджест образования

Красноярского научного центра СО РАН
и Совета ректоров вузов Красноярского края

К 285-летию
Российской академии наук

Посвящается 100-летию со дня рождения академика Л.В. Киренского



Фуллерены

В начале июня в России особое звучание приобрел наиболее наукоемкий аспект вечной темы «инвестиций в инновации». Был образован правительственный совет по нанотехнологиям, председателем которого утвержден не кто-нибудь, а первый вице-премьер Сергей Иванов, и к тому же принят в первом чтении закон «О Российской корпорации нанотехнологий». В соответствии с ним РКН вправе заниматься бизнесом. Прибыль корпорации не распределяется и подлежит направлению исключительно на достижение инновационных целей. Государство готово вкладывать значительные средства в развитие нанотехнологий, поскольку считается, что именно эта сфера способна освободить Россию от сырьевой зависимости и кардинально изменить облик российской экономики. О том, как обстоят дела на данном направлении научных разработок в Красноярске, наш корреспондент побеседовал с доктором технических наук, руководителем лаборатории аналитических методов исследования вещества Института физики имени Л.В. Киренского СО РАН, заведующим кафедрой плазмохимических технологий Сибирского федерального университета Григорием Николаевичем Чуриловым.

— Я не так давно вернулся с двух научных конференций. Первая была в Сочи, вторая — в Питере. Надо сказать, в северной столице регулярно проводятся международные научные конференции по фуллеренам и атомным кластерам. На нынешней меня пригласили выступить с «приглашенным» докладом, что подразумевает особое уважение к человеку и теме, которую он развивает.

— Скажите, а как тема фуллеренов коррелирует с ныне модной, но действительно перспективной темой нанотехнологий?

— Абсолютно коррелирует. Фуллерены — это тоже наночастицы, которые являются новой, относительно недавно полученной искусственным путем аллотропной модификацией «чистого» углерода, существующего в природе обычно в виде угля, графита и алмазов. Фуллерены представляют из себя полые сфероидальные молекулы C_n (обладают C_{60} и C_{70}). Атомы углерода (C) стабилизируются в них не водородом (H), как в плоском бензольном кольце, а за счет самой шарообразной структуры, причем с участием слабых вандер-ваальсовых сил. Очень интересное и чрезвычайно перспективное по своим свойствам вещество, которое до 1990 года никто не умел получать, и которое

существовало только в теории: мол, при определенных условиях углерод мог бы «заиклиться» в некие шарообразные структуры.... Первым фуллерены получил немецкий ученый Вольфганг Кретчмер, который смоделировал в своей лаборатории в Гейдельбергском университете почти космические условия — чрезвычайно низкое давление с доведением углерода за счет высокой температуры до парообразного состояния.

В лаборатории АМИВ с главным редактором журнала «Химия и жизнь» Любовью Стрельниковой.



К сожалению, нобелевскую премию за фуллерены получил не он, а двое американцев и англичанин (в 1997 году).

Достижения

— *А каковы достижения вашей лаборатории в этой области, подвижные устроителей вышеупомянутой международной конференции в Санкт-Петербурге зазвать вас выступить с «приглашенным» докладом?*

— Дело в том, что я пошел дальше Кретчмера (мы, кстати, с ним лично знакомы, он к нам в Красноярск приезжал с супругой, а я в его лаборатории работал по приглашению). Вольфганг придумал метод получения фуллеренов с помощью электрической дуги в инертной гелиевой среде при низком давлении, близком к вакууму. А мне удалось осу-

ществить синтез активных фуллеренов (это произошло в 1992-1993 годах) при нормальном, атмосферном давлении. И тоже дуговым методом. Все дело в том, что мы использовали не постоянный ток, как у Кретчмера, а переменный высокочастотный. То есть довели углерод до состояния плазмы, когда вещество сильно ионизировано, то есть состоит в основном из положительно заряженных ионов и свободных электронов. А плазму мы как раз и получили с использованием токов высокой частоты. В этой среде происходит сборка объемных молекул фуллеренов. Есть и теория: плазма «пульсирует» в переменном токе, что вызывает колебания концентрации свободных электронов, и это благоприятно влияет на процесс формирования фуллеренов. То есть, у Вольфганга Кретчмера благоприятные условия возникали за счет низкого давления, а мы смогли получить фуллерены при обычном.

— *Но почему Кретчмер и другие исследователи не пошли по вашим стопам и долго не могли получить аналогичный результат?*

— Все дело в том, что в свое время мне в руки попали генераторы токов высокой частоты (ТВЧ), которые вообще не производились за рубежом. А ведь плазмотроны, работающие на переменном токе, — это, я считаю, перспективнейшее дело завтрашнего дня для всего мира. Для нас же это оказался, можно сказать, даже день вчерашний. И не только поэтому у них не получалось... Для сравнения: процессор — вещь в компьютере наиважнейшая, но без «периферии» — монитора, «мышки», клавиатуры и т.п. — он никому не нужен. Я сделал что? Сконструировал установку (со всей необходимой «периферией») на генераторе ТВЧ именно в диапазоне 44 килогерца. Здесь-то и оказалось возможным синтезировать фуллерены при атмосферном давлении. Но такой плазмотрон собрать было весьма непросто. Отсюда сложности, возникающие у тех, кто идет по нашим стопам.

Сейчас с фуллеренами работать уже научились, но все равно, процесс их получения весьма непрост и затратен. Вещество это до сих пор дорогое (от 10 до 100 долларов за грамм).

Практический смысл

— *Осталось уточнить, какой практический смысл может иметь синтез фуллеренов.*

Около двадцати лет в Красноярском научном центре Сибирского отделения Российской академии наук существует отдел нанофазных материалов, созданный почти одновременно с самим КНЦ СО РАН. Таким образом, можно констатировать, что в краевом центре в области нанотехнологий давно уже имеется весомый задел. Работы по данному направлению в Институте физики курирует лично председатель президиума КНЦ СО РАН академик В.Ф. Шабанов...

— Фуллерены и их производные — это столь разнообразные по свойствам вещества, что их можно использовать где угодно. Уже имеются ноу-хау по улучшению с их помощью качества стали, резины, керамики, алюминия... А при соответствующих условиях (высокое давление, температура и т.п.) фуллерен превращается в вещество тверже алмаза. В природе таких соединений просто не существует, алмаз — самый твердый из всех, до сих пор известных материалов.

Электроника и медицина — это еще два «пласта», где прикладное значение фуллеренов трудно переоценить. У нас, например, есть статья, опубликованная по рекомендации академиков Александрова и Шабанова в докладах РАН еще в 90-х годах. Мы там описывали аспекты биологического воздействия на кровь водорастворимых фуллеренов, в свете чего обнаружилась противовирусная и противораковая направленность их возможного применения. Причем как за счет транспортировки с помощью молекул фуллеренов необходимых активных веществ в нужное место, так и за счет их собственной активности. Водорастворимые фуллерены — это, в частности, своего рода ловушки для кислорода, то есть они могут управлять содержанием его активных форм в крови. Подобные формы, в частности, используются иммунной системой для защиты от инородных тел и организмов, разрушая их с помощью быстрого окисления, фактически тонкого «выжигания».

Очень интересные результаты дает внедрение различных элементов или целых групп атомов внутрь фуллерена или в структуру его химических связей. Биологическая активность таких соединений может быть очень высока и это чрезвычайно перспективное направление. Кстати, в нашей лаборатории впервые были получены «экзотические» образования — молекулы C59B или C58Si8.

— *Подобные вещества столь микроскопичны, что для изучения их свойств требуются сверхчувствительные и дорогостоящие измерительные приборы...*

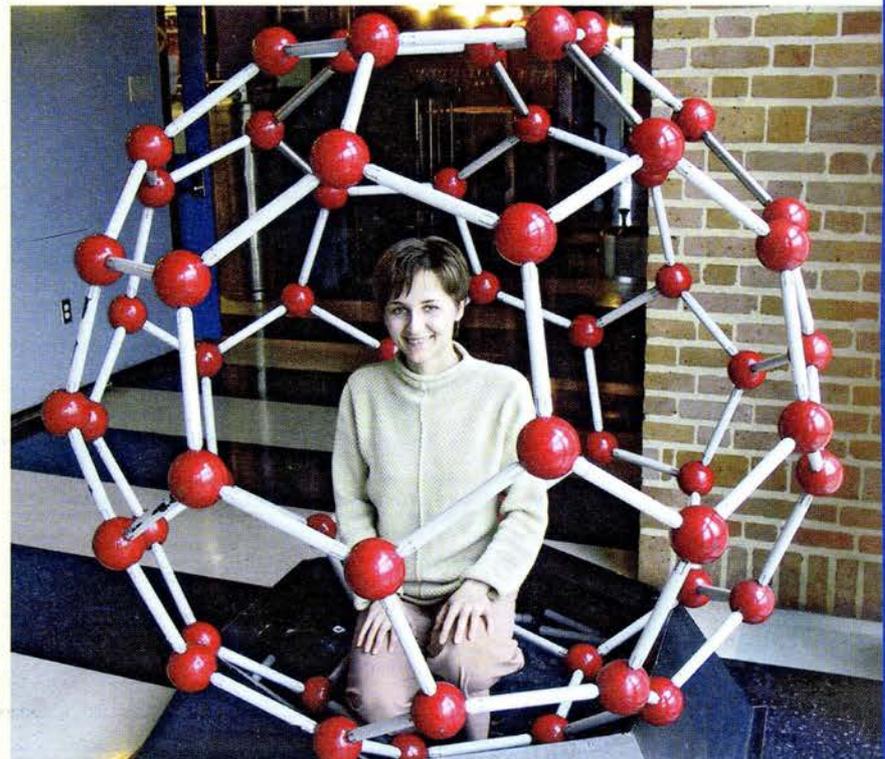
— Совершенно верно, но сейчас такие возможности, в связи с образованием Сибирского федерального университета, появляются. Готовимся, например, приобрести жидкостной хроматограф высокого давления, который позволит выделять мельчайшие

концентрации получаемого вещества. Это будет своего рода рывок в нашей работе. Да, тонкой аналитики нам не хватает, но со временем появится и это. В принципе, если ты умеешь получать фуллерены, то с тонкой аналитикой помогут и зарубежные институты, предоставят соответствующее оборудование. Однако сейчас и наш парк приборов развивается; в частности, благодаря инициативам председателя президиума КНЦ СО РАН Василия Филипповича Шабанова. У нас создан Красноярский региональный центр коллективного пользования СО РАН, в котором и сосредотачиваются самые современные, а значит — дорогие приборы и оборудование. Особенно заметны подвижки в области приобретения оптических приборов высокого разрешения. Так, например, в Институте химии появился туннельный микроскоп. Это первый прибор, который используется действительно сугубо для нанотехнологий.

— *А каков принцип действия такого микроскопа? Ведь на атомарном и молекулярном уровнях мира наночастиц обычные законы оптики не действуют.*

— В основе применяемой там технологии — тончайшая иглочка, которая имеет электрический потенциал. При движении иглы вблизи слоя атомов какого-либо вещества потенциал меняется в зависимости от конфигураций частиц или даже отдельных атомов. Данные этих колебаний обрабатывают-

*Научный сотрудник
лаборатории АМИВ
Н.В. Булина
в университете
Райса (США)*



ся на компьютере по соответствующей программе, и выдается некая «фотография» (например, конкретной молекулы фуллерена).

Но уже сейчас, даже при имеющихся недостатках приборной базы, можно сказать, что в Красноярске сформировалась целая научная школа по фуллеренам. А в дуговом синтезе при атмосферном давлении мы вообще в лидерах...

В настоящее время открываются уникальные возможности: огромный мир квантовой физики, микромир атомов, молекул и квазичастиц становится все более и более доступен. Все это происходит благодаря появлению новейших высокочувствительных приборов и технологий, мощных компьютеров и соответствующего программного обеспечения, благодаря накопленным за последние десятилетия знаниям. И насколько ошеломляющими будут достижения в этой сфере в ближайшее время – трудно даже представить. Возможности открываются просто уникальные.

Понятие – многосложно

– *Что еще интересного происходит в красноярской «нанонауке»?*

– В КНЦ много достижений в сфере исследований не только фуллеренов, но и других наночастиц. Есть огромный мир нанотрубок, нанопленок. Уже сейчас понятие «нано» чрезвычайно многосложно: сюда включают и поверхностные явления, возникающие, когда количество атомов на поверхности близко к их количеству внутри блока. Или когда частица (блок атомов) начи-

нает вдруг проявлять квантовые свойства, демонстрировать набор неких энергетических состояний...

Вообще в Красноярске давно уже исследуются эти вещи; начали еще задолго до того, как появилось понятие «нано». Сам председатель президиума КНЦ СО РАН Василий Филиппович Шабанов – оптик. А оптика и нанотехнологии – это очень хорошо коррелирует. Сейчас он занимается каркасными соединениями: нанопленками, жидкими кристаллами, дисперсными фазами; кроме того, в сферу его научных интересов попадает и работа по созданию квантового генератора. И вообще, в нашем Институте физики издавна занимались магнитными пленками (начали еще при академике Киренском – основателе Академгородка).

– *Вы говорите, расширяется финансирование фундаментальных научных разработок по линии государства, идет обновление и модернизация приборной базы. Можно констатировать, что «полет нормальный»?*

– Есть и нездоровые тенденции. Финансирование увеличивается, но одновременно идет сокращение кадров. Зарплаты и без того низкие, а их продолжают урезать. Посему многие вынуждены подрабатывать за пределами научной сферы, что снижает эффективность ряда исследований. Многие разъехались по зарубежным лабораториям: в какой мировой научный центр ни приедешь, всюду звучит русская речь.

Вадим ЛАТЫШЕВ,
фото Сергея Чурилова

Источник света для спектрального анализа

Источник света для спектрального анализа выполнен на основе разряда киллогерцевого диапазона частот (РКДЧ) в синфазном поперечном магнитном поле в потоке аргона, ток разряда – 10 А.

Источник позволяет анализировать вещества в жидком, твердом и газообразном состоянии с показателями соответствующими и по некоторым параметрам превышающими мировой уровень.

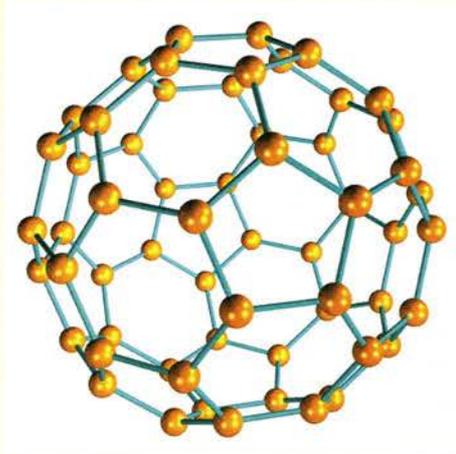
Таблица сравнительных характеристик различных источников света

Аналитические свойства	АЭМС с РКДЧ	МС с ИнП	АЭМС с ИнП	ААС с ЭТА
Многоэлементность	+	+	+	-
Высокая чувствительность	+ -	+	-	+ -
Производительность	+	+	-	-
Правильность	+	-	+	+ -
Динамический диапазон	+	+	+	-
Простота анализов	+	+ -	-	+ -
Стоимость оборудования	+	-	+ -	+

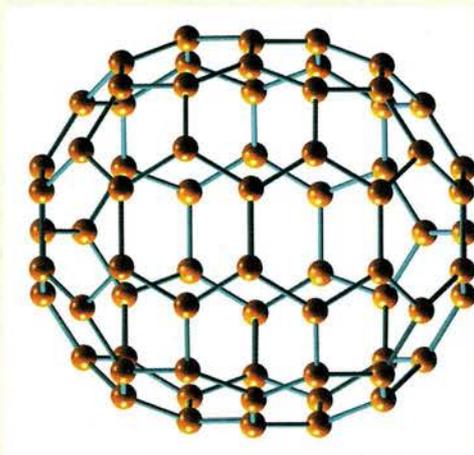
Атомно-эмиссионной спектроскопии с разрядом катодной лампы (АЭС), атомно-эмиссионной спектроскопии с индукционной плазмой (ИСП), масс-спектрометрии (МС) с индукционной плазмой (ИСП), атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) с индукционной плазмой и атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с электрометрическим атомизатором (ЭТА).

После комплектации имеющегося макета многоканальным анализатором атомно-эмиссионных спектров (\$ 28 000) и выполнения сертификации лаборатории (\$ 20 000) лаборатория будет

иметь возможность проводить количественный анализ элементного состава вещества по конкурентно способной цене благодаря низкой себестоимости выполняемого анализа.



Молекула C_{60}



Молекула C_{70}

Фуллерен – это новая и единственная форма растворимого углерода.

Мировые цены фуллеренов:

1 г C_{60} – \$16÷50

1 г C_{70} – \$120÷240

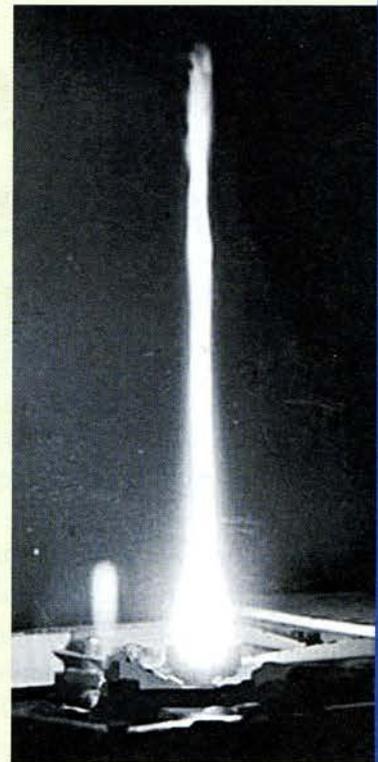
1 г C_{84} – \$ Не менее 100 000

В 1990 г. немецкий ученый В. Кретчмер впервые опубликовал метод синтеза этого вещества. На сегодняшний день это наиболее распространенный метод синтеза при пониженном давлении.

Мы открыли способ и изготовили макет установки, позволяющей производить фуллерены в потоке гелия при атмосферном давлении, что существенно снижает его себестоимость.

В нашем синтезе образуется до 15% высших фуллеренов (C_{74} , C_{76} , C_{84} , C_{86}), тогда как в установках по методу В.Кретчмера – 1-3%.

На основе имеющегося макета можно изготовить промышленный образец установки для синтеза фуллеренов и нанотрубок.



Самофокусирующаяся углеродная дуга в открытом пространстве

