

# Химия как искусство

**Вы уже не в первый раз читаете лекции в МГУ. Ощущаете какие-нибудь изменения в университете?**

Да, несомненно. За последние десять лет я уже в третий раз читаю лекции на Химическом факультете. И раз от разу замечаю, как меньше становится безразличия, как оживают лица, появляются улыбки и загорается огонек в глазах. А какие у вас потрясающие студенты! Какие умные и интересные вопросы они задавали мне после лекции! Обстановка заметно меняется к лучшему.

**Значит, говорить о закате химической науки в России рановато?**

На мой взгляд, главная и единственная проблема российской науки — нехватка денег на исследования. Все остальное в России есть, особенно — грандиозные традиции, которые были сформированы российскими химическими школами. Бутлеров, Зелинский, Марковников, Арбузов, Несмеянов, Семенов — эти и многие другие русские имена знают химики всего мира, потому что именно российские ученые внесли огромный вклад в становление и развитие органической химии. Знаете, у нас в Коллеж де Франс до сих пор бережно хранят ампулы с тетрабутанолом, которые еще в девятнадцатом веке Александр Бутлеров отправлял Марселену Бертелло во Францию. Так что сотрудничество между учеными наших стран тоже имеет давние традиции.

**А как вы стали химиком?**

По правде говоря, я хотел стать философом. Но тогда во Франции учиться на философа в университете можно было только после годового обучения естественным наукам. Я начал этот курс, и меня так увлекла красота и стройность органической химии, в которой одни сложные вещества превращаются в другие, что я решил по-временить с философией и оборудовал дома химическую лабораторию.

**Какое место, на ваш взгляд, занимает химия в современном естествознании?**

Конечно, химия опирается на основополагающие законы, сформулированные физикой. Вообще, сначала был Большой взрыв и царствовала физика. Потом



Создатель «супрамолекулярной химии», лауреат Нобелевской премии 1987 года, профессор Страсбургского университета и парижского Коллеж де Франс, а также иностранный член РАН с 1999 года, Жан-Мари Лен приехал в нашу страну в начале лета. Его визит обозначил начало самого крупного франко-российского проекта в области науки. В президиуме Российской академии наук в присутствии профессора Ж.-М. Лена, вице президента РАН, академика Н. Платэ и руководителей других научных центров была подписана конвенция о создании франко-российского европейского научного объединения «Супрамолекулярные системы в химии и биологии» (SupraChem). Кроме того, во время своего визита Жан-Мари Лен прочитал лекцию на Химическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова, после которой ответил на вопросы нашего главного редактора

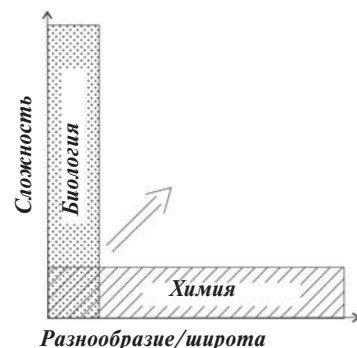
главной стала химия умеренных температур. Частицы сформировали атомы; последние дали все более сложные молекулы, которые, в свою очередь, организовались в агрегаты и мембраны — определяющие компоненты клеток, из которых появилась жизнь. Химия — это наука о веществе и его превращениях, а жизнь — ее высшее выражение. Она наделяет структуры свойствами и обеспечивает их синтез. А это — основное в понимании материи, нашей способности влиять на нее, изменять, контролировать и придумывать ее новое качество.

Пространство, занимаемое химией, огромно, потому что химия повсюду, ведь все состоит из вещества. Но химия — это не только наука, это еще и искусство, поскольку она позволяет творить новую реальность и делать то, чего не сделала природа. Книгу химии надо не только читать, но и писать. Партитуру химии следует не просто исполнять, ее сначала надо сочинить! Подобно художнику, химик воплощает в материальных образах плоды своего собственного воображения.

Здесь очень интересны отношения химии и биологии. Как видно из многих примеров, химию, особенно супрамолекулярную, связывают с биологией двойственные отношения. С одной стороны, химия вроде как пытается повторить биологию — ведь никто не спорит, что высшая форма организации — это жизнь и живые системы. Во многих химических экспериментах ученые используют вещества, похожие на природные (это называется биомиметикой). В последние годы химики начали использовать возможности природных систем для решения химических задач. Природные ферменты, контроль за считыванием генной информации, молекулярная селекция и эволюция — химия и биология очень тесно связаны и все больше сближаются.

Вместе с тем химия бросила вызов и создает новые системы — абиотические, а не только изучает существующие в природе. Чтобы понять осо-

бенности химии, можно сравнить ее с биологией по двум параметрам: сложность и разнообразие объектов. Биологические объекты очень сложные, но веществ, из которых они строятся, все же ограниченное количество. Химия, наоборот, значительно уступает биологии в сложности объектов, но намного превосходит ее по разнообразию, по числу типов входящих в нее элементов, по бесконечному числу комбинаций.



**Многие ученые считают, что поскольку химия основывается на физических законах, то она часть физики?**

В той же мере, как считать скульптуры Микеланджело частью геологии, а творчество Бетховена — частью акустики.

**Кстати, о музыке. Я знаю, что ваш отец был городским органистом в вашем родном Росхайме в Эльзасе. Что значит музыка для вас сегодня?**

Мой отец обучил меня игре на фортепиано и органе, и сегодня музыка — мой постоянный спутник. Под музыку, особенно классическую, хорошо думается, поэтому она всегда звучит в моем доме. Под Баха, например, легче анализировать полученные результаты, все само раскладывается по полочкам. Кстати, русская музыка необычайно романтична, она отражает российскую жизнь, в том числе и методы российских ученых в науке.

**Термин «супрамолекулярная химия» вы ввели в 1978 году, но заниматься этой областью химии начали еще раньше. Как вам удалось в столь юном возрасте сформулировать новое направление в естествознании?**

Ничего не вырастает из ничего, это закономерный ход науки. Просто к определенному времени сформировались необходимые предпосылки. С одной стороны, органическая химия накопила огромный массив данных о самых разных веществах. С другой стороны, появились уникальные методы исследования вещества, такие, как ядерный магнитный резонанс (ЯМР), которые позволили наблюдать за интимной жизнью молекул и их взаимодействием. Добавьте к этому успехи в химии кристаллов и координационных соединений (где работают как раз межмолекулярные взаимодействия), а также прорыв в понимании того, как самоорганизуются и работают биологические системы. Совокупность этих факторов и определила появление супрамолекулярной химии.

Мой же путь к ней состоял из множества шагов. Сначала я заинтересовался процессами, связанными с деятельностью нервной системы. Отчасти в этом проявился мой давний интерес к биологии и в еще большей степени сказалась тяга к философии. Я задумался, какой вклад в понимание процессов, происходящих в нервной системе, могла бы внести химия. Электрические явления в нервных клетках зависят от распределения ионов натрия и калия и их прохождения через клеточные мембраны. Значит, повлиять на процессы в нервной системе можно, если воздействовать на перенос ионов. Мне показалось интересным создать искусственные химические соединения, обладающие подобными свойствами. Поиск таких соединений привел нас в 1968 году к синтезу крипатов, способных захватывать катионы. Собственно, с этого и началась супрамолекулярная химия.

**Так что же такое — супрамолекулярная химия?**

Это в каком-то смысле молекулярная социология, поскольку супрамолеку-

лярная химия занимается не одиночными молекулами, а их ансамблями, где компоненты связаны не классическими химическими, а межмолекулярными связями.

Ансамбли молекул — это следующий уровень сложности системы по сравнению с одиночными молекулами. И на этом уровне у системы появляются новые коллективные свойства. Возьмем, к примеру, воду. Одна-единственная молекула воды не имеет точки кипения, такая постановка вопроса абсурдна сама по себе. А у совокупности взаимодействующих молекул воды появляются точка кипения, точка замерзания и другие коллективные свойства. И все потому, что вода — это не набор молекул  $H_2O$ , а сложная система разноразмерных кластеров, каждый из которых объединяет множество молекул.

Вообще, химия развивается в направлении возрастающей сложности систем. В результате взаимодействия частиц образуются атомы, из атомов возникают молекулы, из молекул — супрамолекулы и супрамолекулярные ансамбли и т. д. На каждом уровне сложности появляются новые особенные черты, которых не было на предыдущем. И объяснить их можно, исходя из свойств и взаимодействий более простых объектов предыдущего уровня. Так, свойства супрамолекулярных объектов описывают, исходя из свойств молекул, свойства клеток — исходя из свойств супрамолекулярных ансамблей, тканей — из свойств клеток, организмов — из свойств тканей и т. д., вплоть до уровня сложности обществ и экосистем.

Супрамолекулярная химия, изучающая поведение ансамблей молекул и то, как они сами организуются в сложные системы, — это ключ к пониманию работы живых клеток, считывания информации с ДНК, ее передачи и обработки, распознавания и связывания субстрата, самоорганизации в живых системах и многого другого. Вообще, супрамолекулярная химия прокладывает путь к пониманию химии как науки об информации, заключенной в материи.

Если мы научимся управлять супрамолекулярными структурами, то станет воз-



## ИНТЕРВЬЮ

можным навести мост между жизнью и нежизнью, связав их в единую непрерывную цепь. Химическая и биологическая культура неразрывно связаны и все больше и больше сближаются. Однако область химии значительно шире, чем область биологии, охватывающей системы, реально существующие в природе. Молекулярный мир биологии — лишь один из возможных миров химической Вселенной, миров, которые ждут своего часа, чтобы быть созданными руками химиков.

**А что, действительно можно создать другую форму жизни или искусственную жизнь?**

Теоретически возможно существование нескольких различных проявлений процессов, определяемых как жизнь. Само существование жизни показывает, что система такой сложности возможна, несмотря на то что мы пока еще не способны понять, как она возникла и за счет чего функционирует.

Мой друг, лауреат Нобелевской премии по физиологии Кристиан де Дюв написал популярную книгу «Жизненная пыль» («Vital Dust») о происхождении и эволюции жизни на Земле. Он убедительно доказал, что жизнь в той форме, что мы наблюдаем, — не случайность, а неизбежность во Вселенной, которая полна жизни. Вселенная и материя устроены так, что углеродная жизнь предопределена для условий, существующих на Земле с ее температурами, давлением и точкой кипения воды. Но кто знает, может быть, на Венере, где температура измеряется сотнями градусов, удастся найти кремниевую жизнь. Впрочем, сегодня меня гораздо больше занимает углеродная жизнь, она мне значительно интересней.



## ИНТЕРВЬЮ

## Европейское научное объединение «Супрамолекулярные системы в химии и биологии»

Как мы уже сказали, 3 июня было подписано франко-российское соглашение о сотрудничестве. На сегодня это самый большой совместный научный проект.

С российской стороны в приглашении участвуют несколько институтов Российской академии наук, Российский фонд фундаментальных исследований, Казанский государствен-

ный университет, Радиевый институт имени В.Г.Хлопина. С французской стороны представительство не менее солидное: Национальный центр научных исследований, Университет Луи Пастера, Институт супрамолекулярной науки и инженерии, Университет Версаля, Университет Пьера и Марии Кюри и некоторые другие университеты и лаборатории.

Супрамолекулярной химией давно и серьезно занимаются и во Франции, и в России. Более того, отдельные контакты между французскими и российскими исследовательскими коллективами в этой области установлены уже давно. Есть совместные серьезные публикации в международных научных журналах, прошли два больших франко-



## ИНТЕРВЬЮ

российских симпозиума (в Новосибирске, 2001 год, и в Казани, 2003 год), а также в 2004 году состоялся микросимпозиум в Страсбурге. Более того, в июле 2004 года вышел специальный номер журнала «Известия РАН. Серия химическая», посвященный франко-российскому сотрудничеству в супрамолекулярной химии.

Цель нового проекта — укрепить уже существующие связи, создать новые, а также объединить разрозненные элементы в единую структуру. Кроме того, привлечь финансирование на эту область исследований. Круг вопросов, обозначенный в соглашении, довольно широкий. Это самосборка и самоорганизация в растворе и твердой фазе; молекулярное распознавание; супрамолекулярная фотохимия; супрамолекулярные архитектуры в биологии и моделирование супрамолекулярных систем. Очень существенная составляющая — образовательная, то есть обучение новой области подрастающего поколения.

В рамках нового соглашения каждые два года будут проводиться франко-российские симпозиумы по супрамолекулярной химии, наладится постоянный обмен сотрудниками.

Нам показалось интересным рассказать немного о том, над чем уже работают и будут работать некоторые участники нового проекта.

Вообще, супрамолекулярная химия — это междисциплинарная область, которая охватывает не только химию, но и физику, и биологию. Она изучает сложные химические объекты, постороненные из более простых блоков, которые удерживаются между собой нековалентными взаимодействиями. Научиться создавать необходимую конфигурацию супрамолекулярной системы — путь к созданию

новых материалов. Фактически только сочетание нанотехнологий и супрамолекулярной химии, ответственной за самосборку, даст настоящий прорыв в новых технологиях.

Ж.-М. Лен был первым, кто ввел и развил основные положения супрамолекулярной химии (см. «Химия и жизнь», 2003, №3) и исследовал свойства супрамолекулярных ансамблей. Сейчас группа Ж.-М. Лена (Институт супрамолекулярной науки и инженерии, Страсбург) изучает органические, неорганические и «гибридные» супрамолекулярные системы. С ними тесно сотрудничает лаборатория молекул, биомолекул и супрамолекулярных систем (Бордо, доктор наук И. Хук), где занимаются дизайном больших искусственных полимеров (> 10 кДа), способных к образованию двойных спиралей. Эти структуры позволяют по-новому взглянуть на специфические межмолекулярные взаимодействия, хранение и дублирование информации.

«Молекулярной тектоникой» — наукой, с помощью которой получают материалы с особыми новыми свойствами (магнитными, оптическими, каталитическими и т. д.) занимаются в лаборатории молекулярной тектоники в твердом состоянии (возглавляет профессор М. В. Хоссейни, Страсбург). Цель исследования — гибридные супрамолекулярные системы, построенные из органических и неорганических фрагментов (каликсаренов, циклофанов, борокриптанов и некоторых других макроциклических соединений). Эти исследования дополняют работы группы профессора А. Цивадзе (Институт физической химии РАН, Москва), работающей над самособирающимися краунзамещенными соединениями, а также лаборатории профессора А. Коновалова и И. Антипина (Казанский университет), которые разрабатывают новые твердофазные супрамолекулярные системы на основе каликс[4]резорцинаренов.

Неорганической супрамолекулярной химией, включающей комплексы и модифицированные твердые вещества, занимается лаборатория профессора Е. Сешереса (Университет Версаля) и профессора В. Федина

(Институт неорганической химии, Новосибирск). В них изучают кластеры халькогенидов и полиоксометаллатов, синтезируют большие молекулярные комплексы и твердые вещества с особыми свойствами. Ученые уже начали совместный исследовательский проект.

Очень перспективны самособирающиеся системы, которые можно будет использовать в нанотехнологиях. В этой области заняты исследованиями две французские группы: группа доктора наук Д. Фишу (Университет Париж-6), изучающая самосборку на поверхности золота, графита и т. п., и лаборатория биоорганической химии доктора наук Ш. Миосковски (Страсбург), которая использует нанотрубки для получения новых соединений. Эти исследования пересекаются с самосборкой на поверхностях раздела фаз (лаборатория профессора М. Алфимова, Центр фотохимии, Москва).

Молекулярное распознавание, то есть выделение «хозяином» одного из всех «гостей», — одна из основных тем супрамолекулярной химии. Здесь существует громадное поле для исследований: синтез новых комплексобразующих агентов, способных избирательно связываться с ионами металлов, анионами и нейтральными молекулами, а также физико-химические исследования этих взаимодействий. Давно очевидны практические приложения этого направления — от разработки химических сенсоров до переработки отходов. В этой области лежат научные интересы сотрудников лаборатории электрохимии и физической химии комплексов и межфазных систем (доктор наук Ф. Арно-Но, Страсбург). Они занимаются связыванием катионов щелочных и щелочно-земельных металлов, катионов лантанидов, тория и урана с помощью каликсаренов и родственных им кавитандов. Эти соединения настолько селективны, что их можно использовать даже в переработке ядерных отходов.

В супрамолекулярной фотохимии как французские, так и российские лаборатории сосредоточены на трех основных направлениях: фемтосекундные реакции, протекающие в условиях геометрических ограничений; реакции, управляемые светом; новые наноразмерные

материалы, обладающие особыми фотохромными и электронными свойствами. Несколько российских и французских групп разрабатывают новые фоточувствительные материалы. Так, группа доктора наук Ш. Миосковски (Страсбург) начала работу над нанопроводниками, которые могут обратимо переключаться между двумя состояниями с высокой и низкой электропроводностью. Электронный переключатель будет реализован внутри углеродных нанотрубок. Похожими соединениями занимаются в Институте физической химии РАН. На выходе — светодиоды, гибкие дисплеи, тонкослойные транзисторы и фотопреломляющие устройства.

Очень интересное и современное направление — компьютерный дизайн новых соединений, обладающих требуемыми свойствами. Этим занимается профессор А. Варнек (Страсбург). В сотрудничестве с российскими учеными из Института физической химии уже создана программа, позволяющая предсказывать способность тех или иных лигандов экстрагировать металлы, а также некоторые способы теоретического проектирования новых молекул.

Большая часть новой совместной программы будет посвящена обучению студентов. Подготовка молодых исследователей важна для любого научного направления, но супрамолекулярная химия заинтересована в этом особенно сильно. Поскольку это относительно новая междисциплинарная область и развивается она очень динамично, то просто необходимо создать новый курс, включающий не только лекции, но и практикумы. Это должна быть совершенно отдельная дисциплина, соединяющая в себе все последние достижения смежных областей.

Супрамолекулярная химия уже включена в программу обучения студентов старших курсов Университета Страсбурга.

Кандидат  
химических наук  
**В. Благутина**

