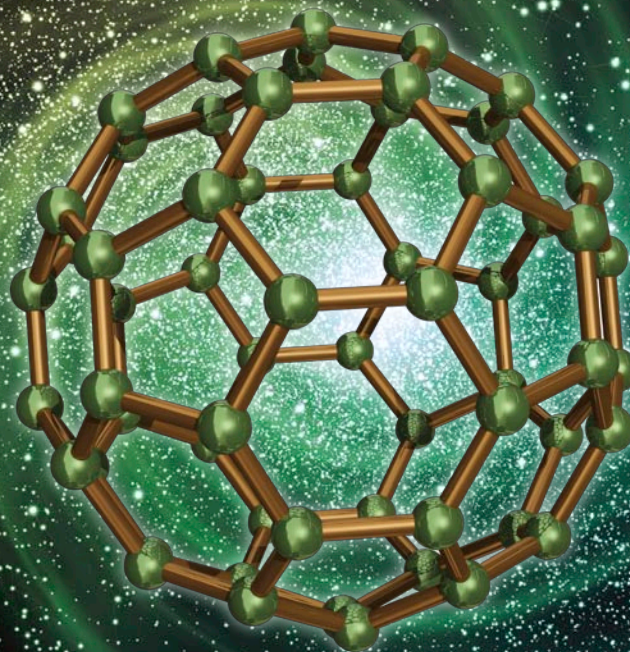


Ярким примером того, как результаты исследований, полученные фундаментальной наукой, сразу становятся основой различных разработок во многих областях знаний, является открытие фуллеренов, интерес к которым, в частности у фармакологов и клиницистов, с каждым годом все возрастает



Удивительные свойства «прекрасной» молекулы

КОГДА ИНТЕРЕСЫ УЧЕНЫХ СОВПАЛИ

Открытие фуллеренов является одним из важнейших событий в науке, произошедших в конце прошлого века. А началось все с того, что английский химик и астрофизик Гарольд Крото, занимавшийся изучением межзвездной пыли, в середине 70-х годов прошлого столетия обнаружил, что в космическом пространстве существуют какие-то неизвестные соединения углерода. Чтобы понять их строение и механизмы образования, идеальным вариантом было бы получить такие продукты в лабораторных условиях. Поэтому Г. Крото решил обратиться в лабораторию профессора Смолли в университете Райса (Хьюстон, штат Техас), где имелаась необходимая для такого эксперимента установка. На ней Ричард Смолли со своим сотрудником Робертом Кёрлом изучали образование кластеров различных элементов, в том числе и углерода.

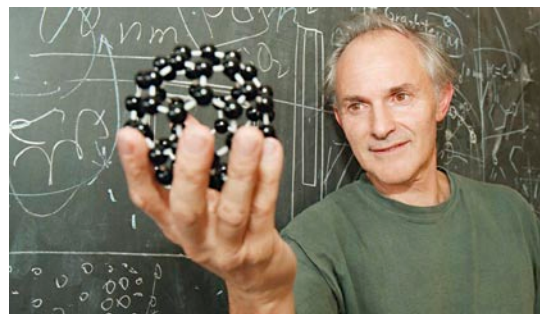
Интересы ученых двух стран совпали, поэтому в сентябре 1985 г. Крото приехал в Хьюстон для проведения совместных работ. Суть эксперимента заключалась в том, что вращающийся диск из чистого графита

в атмосфере инертного газа гелия облучали лазером, в результате чего происходило испарение графита, после чего образуемые пары направляли в масс-спектрометр для проведения анализа. Полученный спектр показал, что в условиях эксперимента наряду с кластерами образуются структуры с массой 720 и 840 атомных единиц. Эти значения масс могли отвечать только молекулам, содержащим 60 и 70 атомов углерода, поскольку масса углерода, как известно, составляет 12 атомных единиц. Ученых охватило волнение, ведь науке не были известны такие молекулы углерода, и непонятно каким образом атомы в них могут удерживаться вместе и создавать стабильную структуру.

НАУЧНАЯ СЕНСАЦИЯ

После длительных совместных размышлений ученые пришли к выводу, что открытые ими молекулы должны иметь сферическое строение, при этом Крото высказал предположение, что молекула C₆₀ имеет строение усеченного икосаэдра. У этого многогранника столько

же вершин, сколько атомов углерода в молекуле C₆₀. Для структуры C₇₀ был предложен многогранник эллипсоидной формы. Таких молекул химики еще не знали! Именно в этих сферических молекулах и заключалась научная сенсация сделанного открытия.



Началось все с того, что английский химик и астрофизик Гарольд Крото, занимавшийся изучением межзвездной пыли, в середине 70-х годов прошлого столетия обнаружил, что в космическом пространстве существуют какие-то неизвестные соединения углерода

«Новорожденным» соединениям надо было дать имя. Гарольд Крото вспомнил свое посещение международной выставки «Экспо-67» в Монреале, где он был восхищен геодезическим куполом в виде усеченного икосаэдра одного из павильонов, спроектированным американским архитектором Ричардом Бакминстером Фуллером, и молекула C₆₀ вызвала у него ассоциацию именно с этим куполом. Поэтому Крото и предложил назвать молекулу C₆₀ «бакминстерфуллерен» в честь знаменитого архитектора, а другие подобные молекулы в виде выпуклых многогранников — «фуллерены». Его предложение было принято коллегами, и данную терминологию авторы в 1985 г. впервые применили в научной литературе, опубликовав сообщение о своем открытии в журнале Nature [1].

Строение фуллеренов в виде многогранников оставалось гипотезой в течение пяти лет, до того момента, пока это не было подтверждено результатами разносторонних физико-химических исследований. В 1996 г. Роберт Кёрл, Гарольд Крото и Ричард Смолли были удостоены Нобелевской премии по химии за открытие фуллеренов. В своей Нобелевской лекции Гарольд Крото отметил: «Такая молекула настолько прекрасна, что должна быть правильной!».

САМАЯ УСТОЙЧИВАЯ

В дальнейшем было установлено, что фуллерены — это большое семейство углеродных молекул, в которых атомы углерода располагаются в вершинах выпуклых многогранников, составленных из шестиугольных и пятиугольных граней.

Пятиугольники необходимы для образования криволинейной поверхности, примером которой является сфера. Из одних плоских шестиугольников криволинейную поверхность получить нельзя. Согласно теории многогранников, разработанной швейцарским математиком Леонардом Эйлером, число фуллеренов теоретически не ограничено. Простейший фуллерен (выпуклый многогранник) состоит из 20 атомов углерода (C₂₀). Далее идут C₂₄, C₂₆, ..., C₆₀, C₇₀ и более крупные фуллерены (до C₂₀₀ и выше), но среди них есть более стабильные и менее стабильные молекулы.

Самой устойчивой молекулой из семейства фуллеренов является бакминстерфуллерен, содержащий 60 атомов углерода. Молекула C₆₀ имеет форму усеченного икосаэдра, в котором 12 пятиугольных граней и 20 шестиугольных. Именно эта молекула стала наиболее частым объектом исследования.

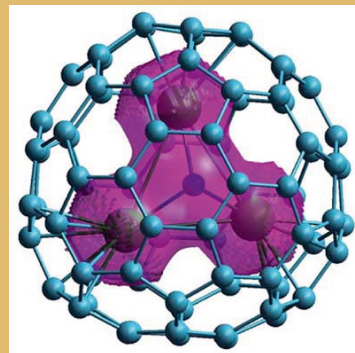
«ФУЛЛЕРЕНОВЫЙ БУМ»

Открытие фуллеренов вызвало огромный интерес у представителей различных отраслей наук, поскольку возникла заманчивая перспектива получения новых соединений с неизвестной ранее структурой. Лидером здесь, конечно, оказалась химия, где в конце прошлого столетия начался настоящий «фуллереновый бум». Поскольку молекулы фуллеренов содержат двойные связи и, как все непредельные соединения, способны к реакциям присоединения, за короткий срок были получены тысячи производных фуллерена C₆₀ с водородом, галогенами и различными органическими соединениями. Поскольку молекулы фуллеренов имеют специфическую форму и являются полыми, в этой полости можно разместить меньшие по размеру молекулы других веществ. Вскоре такие «наполненные» фуллерены были получены и обрели название «эндоэдральные».

Не меньший интерес вызвали уникальные свойства фуллеренов и у биологов. Оказывается, еще в 1962 г. английские биологи Дональд Каспар и Аарон Круг установили, что многие вирусы (полиомиелита, ящура и др.) имеют форму выпуклых многогранников, как теперь говорят, обладают «фуллереноподобной» структурой. Вывод о строении вирусов ученые сделали на основе геометрических принципов архитектора Фуллера. Как видим, природа использует выпуклые многогранники, чтобы придать своим конструкциям прочность и экономить «строительные материалы».

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ЛЕКАРСТВА

Что касается фармакологов, то в течение последних двух десятилетий мировая научная литература изобилует работами, в которых описаны выявленные у фуллеренов различные биологические эффекты, позволяющие отнести эти вещества к потенциальным лекарствам для лечения тех или иных заболеваний. Так, например, для C₈₄ фуллеренов было установлено, что они обладают свойствами селективных блокаторов потенциал-управляемых натриевых каналов [2]. C₆₀ фуллерены с их высокой симметрией и специфическими физико-химическими свойствами рассматривают как перспективные наночастицы для использования в различных областях биохимических технологий, поскольку они проявляют мощные антиоксидантные [3] и противовирусные свойства [4], могут быть переносчиками различных фармакологических препаратов [5], в том числе противоопухолевых [6], а также имеют другие особенности. При этом они проявляют очень низкую токсичность [7].



В настоящее время во всем мире фармакологи активно исследуют различные свойства фуллеренов и их производных, причем стоимость этих продуктов постоянно уменьшается благодаря совершенствованию технологий их получения

Отрадно, что подобные исследования проводятся и в Украине. Так, совсем недавно совместными усилиями ученых Киевского национального университета им. Т.Г. Шевченко, Института фармакологии и токсикологии НАМН Украины, а также Института физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины было впервые изучено действие C₆₀ фуллеренов на мускариновые катионные токи через TRPC4/6 каналы в изолированных гладкомышечных клетках тонкого кишечника экспериментальных животных. Установлено, что C₆₀ фуллерены являются эффективными ингибиторами этих токов и, следовательно, по мнению авторов работы, могут быть предложены в качестве нового класса потенциальных терапевтических агентов для лечения заболеваний органов пищеварительного тракта [8].

Таким образом, в настоящее время во всем мире фармакологи активно исследуют различные свойства фуллеренов и их производных, причем стоимость этих продуктов постоянно уменьшается благодаря совершенствованию технологий их получения. Так что, по-видимому, следует ожидать не просто появления новых лекарств на основе этих удивительных молекул, а, возможно, и такого же неожиданного эффекта в медицине, какой они произвели в химии.

**Подготовил Руслан Примак,
канд. хим. наук**

*Список литературы находится
в редакции*