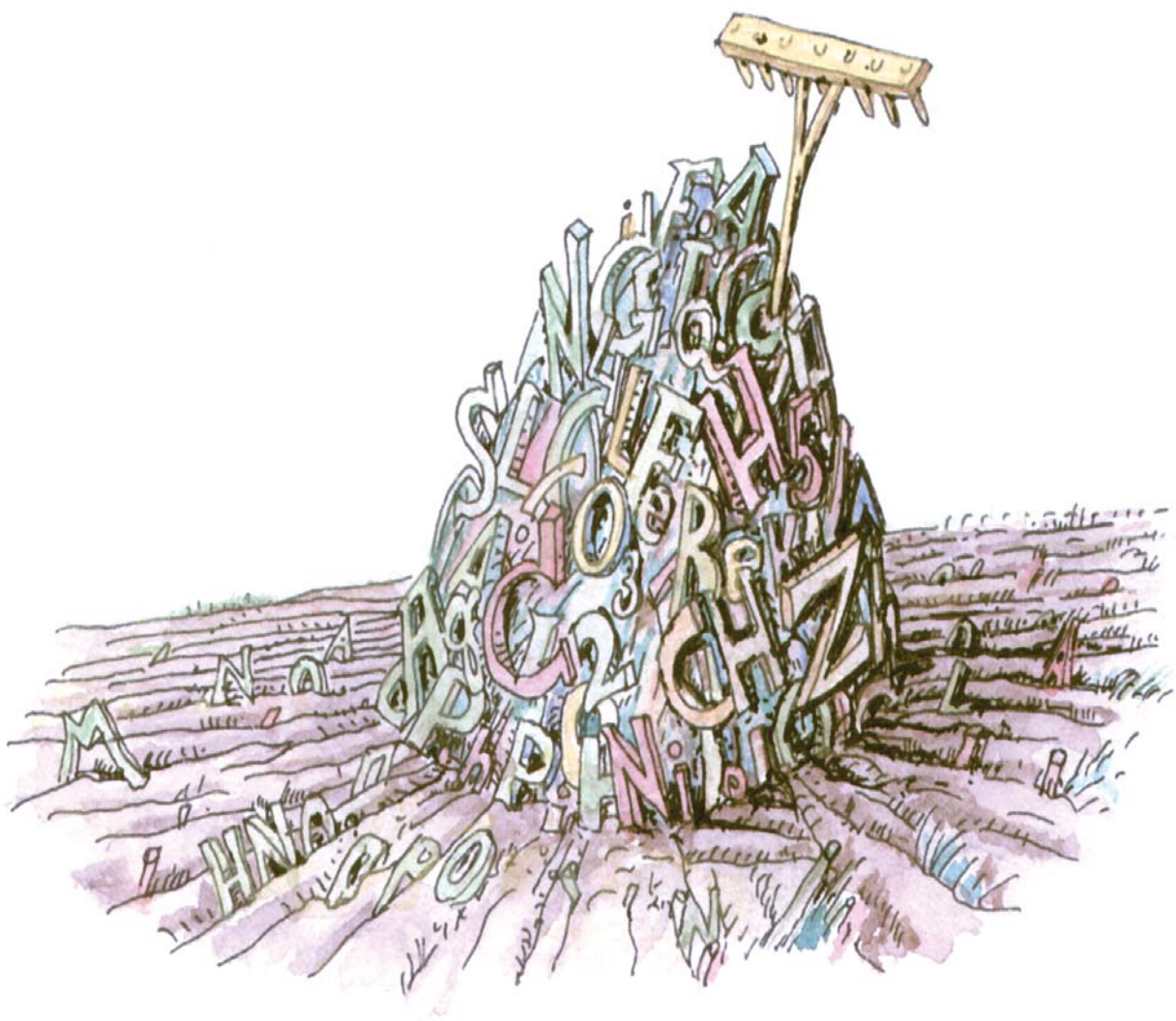


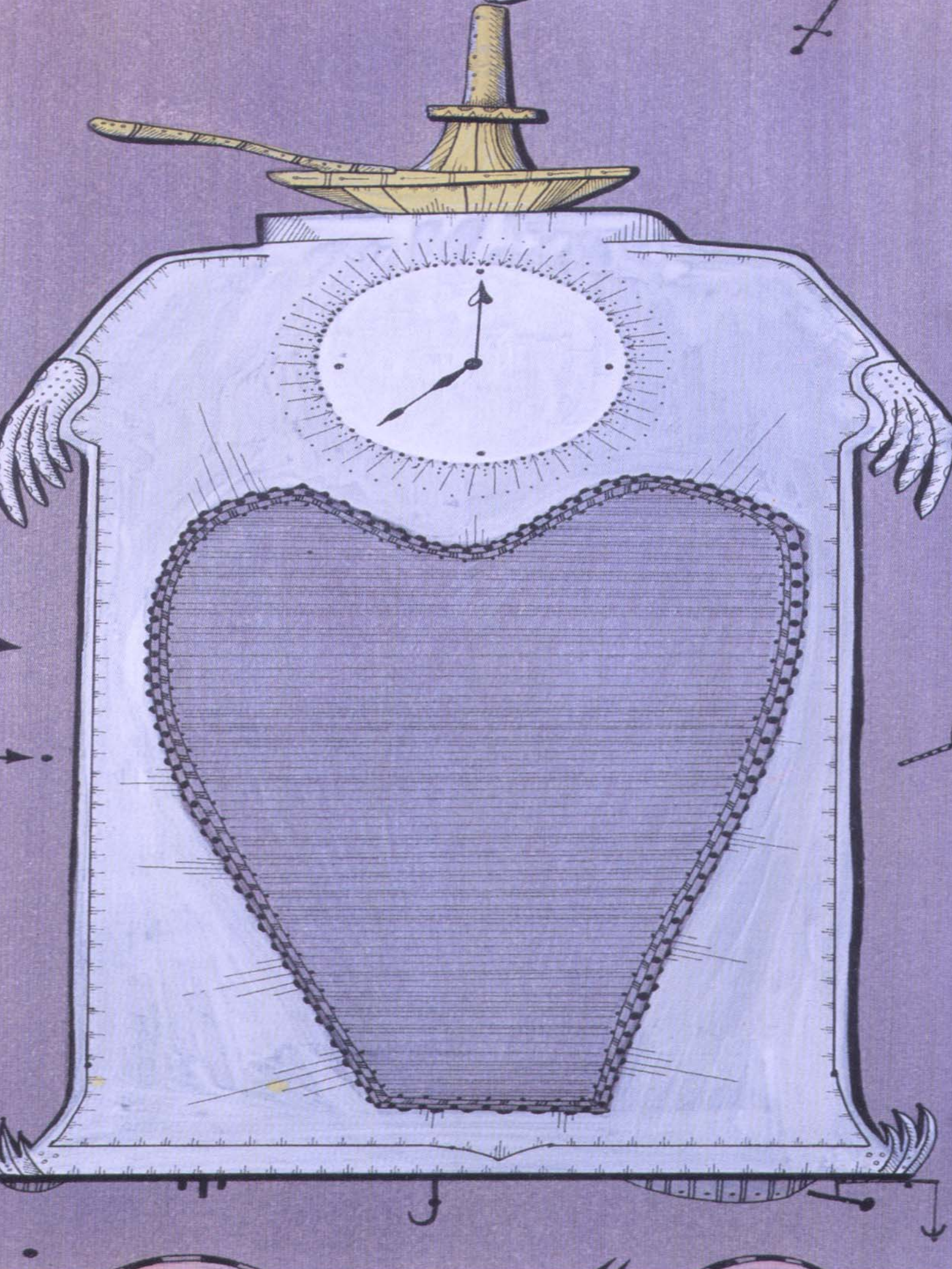


₹

5  
2009

ЖИЗНИ И ВМЯХ





Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег. Эл □ 77-8479

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Ответственный секретарь**  
М.Б.Литвинов  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**

Б.А.Альтшулер,  
Л.А.Ашкинази,  
В.В.Благутина,  
Ю.И.Зварич,  
С.М.Комаров,  
Н.Л.Резник,  
О.В.Рындина

**Технические рисунки**

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 28.4.2009

**Адрес редакции:**

125047 Москва, Миусская пл., 9, стр. 1

**Телефон для справок:**

8 (499) 978-87-63

**e-mail:** redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:

<http://www.hij.ru>;

<http://www.informnauka.ru>

При перепечатке материалов ссылка  
на «Химию и жизнь — XXI век»  
обязательна.

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок Н.Крацина  
НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Хуана Понса «Gran Macabro».  
Времена меняются, и мы с ними —  
говаривали в древнем Риме. Как сделать  
так, чтобы эти изменения вас не очень  
беспокоили, читайте в статье «Кон-  
цепция здорового старения».

*Если трудно с деньгами —  
попробуйте без них.*

*Семен Альтов*

# Содержание

## Информнаука

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| ГИПНОЗ И КРАТКОВРЕМЕННАЯ ПАМЯТЬ ..... | 2 |
| ТЕПЛО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА .....        | 2 |
| КАК ПОЯВИЛСЯ МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ МИР ..... | 3 |

## Размышления

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| ЭТИКА В НАУКЕ. Ю.П.Ямпольский ..... | 4 |
|-------------------------------------|---|

## Технологии и природа

|   |   |
|---|---|
| ТУЛУНСКИЙ БУТАНОЛ: ТОПЛИВО ИЗ ЛЕСА. С.М.Комаров ..... | 8 |
|---|---|

## Проблемы и методы науки

|  |    |
|--|----|
| ДОЛГОЛЕТИЕ КАК ПОБОЧНЫЙ ЭФФЕКТ. Л.Стрельникова ..... | 12 |
|--|----|

## Проблемы и методы науки

|   |    |
|---|----|
| РАЗМЫШЛЕНИЯ О КОНЦЕПЦИИ ЗДОРОВОГО<br>СТАРЕНИЯ. В.В.Мальцева, А.А.Болдырев ..... | 18 |
|---|----|

## Гипотезы

|   |    |
|---|----|
| ЖИЗНЬ ВОЗНИКЛА В ЗАЛЕЖАХ ГИДРАТА<br>МЕТАНА. В.Е.Островский, Е.А.Кадышевич ..... | 24 |
|---|----|

## Химики – нобелевские лауреаты

|   |    |
|---|----|
| ОДНА МОЛЕКУЛА И СЕМЬ НОБЕЛЕВСКИХ<br>ЛАУРЕАТОВ. М.М.Левицкий ..... | 30 |
|---|----|

## Книги

|  |    |
|--|----|
| ДВА ВИДА НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ. И.И.Гольдфаин ..... | 36 |
|--|----|

## Расследование

|   |    |
|---|----|
| ШЕКСПИРОВЫ СОНЕТЫ: ЗАГАДКА ПОСВЯЩЕНИЯ. Л.И.Верховский ..... | 38 |
|---|----|

## Вещи и вещества

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| ЛЕВОЕ ИЛИ ПРАВОЕ. И.А.Леенсон ..... | 44 |
|-------------------------------------|----|

## Словарь науки

|   |    |
|---|----|
| СКОЛЬКО ХИМИЙ НА СВЕТЕ. Н.Е.Аблесимов ..... | 49 |
|---|----|

## Ученые досуги

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| РАЗНОЦВЕТНАЯ ХИМИЯ». А.В.Марков ..... | 53 |
|---------------------------------------|----|

## Фантастика

|  |    |
|--|----|
| ПОСЛЕДНИЕ ОБРЯДЫ ЛЕТА. Эдуард Катлас ..... | 56 |
|--|----|

## Непростые ответы на простые вопросы

|                            |    |
|----------------------------|----|
| ОДУВАНЧИК. Н.Ручкина ..... | 60 |
|----------------------------|----|

## Материалы нашего мира

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| НЕ ТОЛЬКО ГРУДЬ. М.Демина ..... | 64 |
|---------------------------------|----|

|                           |                |                  |    |
|---------------------------|----------------|------------------|----|
| В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ | 22             | КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ | 62 |
| ИНФОРМАЦИЯ                | 41, 43, 54, 55 | ПИШУТ, ЧТО...    | 62 |
| КНИГИ                     | 59             | ПЕРЕПИСКА        | 64 |



## ФИЗИОЛОГИЯ МОЗГА

### Гипноз и кратковременная память

*Влияние гипноза на кратковременную память исследовали сотрудники Института биофизики клетки РАН (Пушино-на-Оке). Им удалось установить две закономерности. Если испытуемых просили запомнить слова в бодром состоянии, а потом вводили в гипнотический сон, кратковременная память у них ухудшалась, а при пробуждении ослабевала еще более заметно. В то же время слова, утвердившиеся в памяти под гипнозом, пациенты хорошо помнили и наяву ([admin@icb.psn.ru](mailto:admin@icb.psn.ru)).*

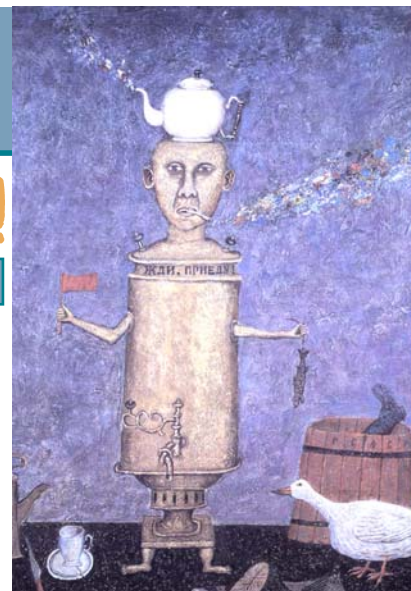
Медики используют гипноз уже более двух столетий, но до сих пор не понимают сути всех явлений, которые происходят в измененном сознании загипнотизированного. Например, нет среди специалистов единства мнений о влиянии гипноза на память. Известно, что люди под гипнозом способны извлечь из своей долговременной памяти информацию, казалось бы, полностью забытую. Однако некоторые исследователи полагают, что гипноз вовсе не активизирует память, а испытуемые, которых просят, допустим, вспомнить эпизоды раннего детства, просто откликаются на навязанные им эмоции. С другой стороны, есть доказательства, что эмоционально окрашенная информация, которую человек в обычном состоянии воспроизводит с трудом, под гипнозом становится более доступной его памяти.

Пушинские ученые, чтобы разобраться в сложных взаимоотношениях гипноза и памяти, исключили из эксперимента эмоциональную составляющую и ис-

следовали не долговременную, а кратковременную память. В исследованиях участвовали 16 больных (12 женщин и 4 мужчины от 28 до 35 лет) с астено-невротическим синдромом, которым гипнотические сеансы назначили в качестве терапевтического средства. Пациенты жаловались на частые боли в области сердца и напряжение в грудной клетке, головные боли, раздражительность, бессонницу, неудовлетворенность работой и семейной жизнью и слезливость. Заодно у них проверили кратковременную память. Испытуемых разделили на две группы и с каждым человеком работали индивидуально. Членам первой группы экспериментатор зачитывал 10 существительных, а пациенты, прослушав этот список, должны были назвать слова в той последовательности, в которой их вспоминали. Затем испытуемых вводили состояние гипнотического сна и вновь просили повторить слова. Третий раз слова повторяли, выйдя из гипноза. Вторую группу испытуемых составили люди, которым читали слова уже во время гипнотического сна.

Если в бодром состоянии объем кратковременной памяти пациента составлял почти семь слов, то в состоянии гипнотического сна он был равен всего пяти словам. Когда же испытуемые возвратились к своему обычному бодрому состоянию, они помнили еще на два слова меньше. Пациенты, которые запомнили слова в состоянии гипнотического сна, запоминали слов пять-шесть и помнили их после «пробуждения». Испытуемым не внушали специально, что их память улучшилась и что перечисляемые существительные они долго-долго не забудут. Их просто погружали в гипнотический сон, а быстрый переход сознания из бодрого состояния в гипнотическое, а затем снова в бодрое ухудшает кратковременную память. Почему не происходит ухудшения у второй группы испытуемых, сказать трудно. Для этого необходимы дальнейшие исследования.

Исследователи предполагают, что изменение объемов кратковременной памяти отражает разные уровни психической активности мозга. Переход словесной информации с уровня измененного состояния в нормальное более устойчив, чем обратный процесс, поэтому слова, заученные в гипнотическом сне, люди и наяву не забывают.



## ФИЗИОЛОГИЯ

### Тепло человеческого тела

*Человеческий организм производит в среднем 90 Вт тепла. Согласно закону сохранения энергии, все тепло организма должно уходить в окружающую среду. Действительно, около 20% тепла мы теряем в процессе дыхания и потения, остальное выделяем через кожу. Но как тепло поступает к поверхности тела? Как организму удается поддерживать знаменитые 36,6°C? Дело, оказывается, в механизме теплопереноса. Вернее — в механизмах, поскольку таковых в человеческом организме оказалось два. Эти механизмы изучили специалисты Института физиологии им. И.П.Павлова РАН ([luch@infran.ru](mailto:luch@infran.ru)).*

Ученые могут измерить температуру в разных частях тела и знают, сколько тепла оно вырабатывает, но экспериментально исследовать процессы переноса тепла внутри организма они пока не умеют. Поэтому петербургские физиологи построили математическую модель человеческого тела — цилиндр радиусом 12 см и длиной 159 см, весом примерно 72 кг. Температуру воздуха выбрали вполне комфортную для человека — 26°C.

Существуют два механизма переноса тепла внутри организма. Один из них — кондукция, то есть перенос за счет разницы температуры между различными точками, от более нагретых тканей — к менее нагретым. Второй механизм — конвекция; при этом тепло разносит кровь. Посмотрим, какой механизм и в каком случае может быть задействован.

Если допустить, что тепло в организме передается только за счет кондукции, можно рассчитать, какая температура





будет в этом случае в туловище-цилиндре. Оказалось, что температура ядра составит около 40°C, всей кожи — на 5 градусов ниже. Но физиологам известно, что так не бывает.

Если бы от центра до поверхности кожи тепло переносила кровь, то все тело, и внутри, и снаружи, было бы равномерно тепленьким, около 35°C. Это тоже не соответствует действительности.

Поскольку в организме есть ядро с почти постоянной температурой и оболочка с довольно резким перепадом температур, ученые предположили, что в нашем теле действуют одновременно оба механизма теплопереноса. Но если в ядре происходит в основном кондукция, а в оболочке тепло переносит кровь, то, согласно расчетам, у человека будет прохладная кожа, а внутри — сорокаградусный жар. И лишь один вариант — перенос тепла кровью в ядре и по градиенту температур в оболочке — дает нам картину, приближенную к реальной: 37,4°C — внутри тела, 37°C — на границе ядра и оболочки и 34,2°C — у поверхности тела.

Эти результаты, конечно, не означают, что точно на границе ядра и оболочки кровь полностью прекращает переносить тепло, а в самом ядре отсутствует кондукция. В организме действуют одновременно оба механизма теплопереноса, но в разных областях их влияние различно. Во внутренних областях велика интенсивность кровотока, и кровь так эффективно переносит тепло, что влияние кондукции на этом фоне просто незаметно. Ближе к поверхности тела, в коже, сосуды становятся все более тонкими. Входящие в дерму артериальные сосуды имеют радиус на более 50 мкм, а выносящие кровь венозные — не более 100 мкм. Петербургские ученые установили, что температура крови в таких сосудах сравнивается с температурой окружающей среды, а сами они перестают быть теплопереносчиками. Поэтому в оболочке конвективный теплоперенос практически отсутствует.

Исследователи подсчитали, что кровь выносит к поверхности тела не более 7% тепла. Еще 20% мы теряем при дыхании и испарении с поверхности кожи. Следовательно, основное тепло организм отдает в окружающую среду по механизму кондукции — от более нагретых участков к менее нагретым.

Таким образом, деление организма на ядро и оболочку физиологически обусловлено. В тканях ядра, где есть множество полнокровных сосудов, действует в основном конвекционный способ переноса тепла, а в оболочке — кондукционный.

## Эволюция

# Как появился многоклеточный мир

*Как в мире, который был населен одноклеточными организмами и, заметим, процветал, возникла многоклеточность? Возможно — благодаря появлению механизмов самоорганизации одиночных клеток в многоклеточные объединения. Такую гипотезу выдвигает доктор биологических наук В.Я.Бродский, профессор Института биологии развития им. Н.К.Кольцова РАН. Ученый более десяти лет изучает межклеточные взаимодействия. По мнению В.Я.Бродского, механизм самоорганизации одноклеточных в живые системы могли запускать те же сигнальные молекулы-нейротрансмиттеры, которые контролируют поведение млекопитающих, — серотонин, дофамин, инсулин. (brodsky.idb@bk.ru).*

Изначально население Земли было одноклеточным. Его составляли бактерии, а затем и протисты — одноклеточные существа с ядром. Эти организмы синтезировали сигнальные факторы, которые позволяли клеткам согласовывать свое поведение. Примером такой координации может быть синхронность биохимических реакций, дыхания или движения клеток. Согласованность позволила бактериям и протистам образовывать временные многоклеточные агрегаты и многоядерные плазмодии.

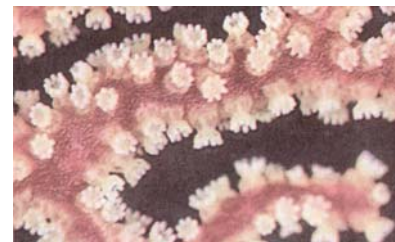
Сообщество взаимодействующих одноклеточных — полезная адаптация, которая облегчает использование пищевых ресурсов и повышает устойчивость к изменению среды. Плазмодий, например, может переварить крупный пищевой объект, недоступный отдельной особи. После совместного пищеварения плазмодий разделяется на клетки. Но вот у слизевика диктиостелиума соединение амёб в многоклеточный организм — уже обязательная стадия жизненного цикла. Клеточные колонии могут двигаться по субстрату как единое тело или же образовывать изолированные группы клеток.

В «долгоживущих» клеточных сообществах возникают постоянные связи между клетками и развитая межклеточная сигнализация. В некоторых случаях экспериментаторы отмечали дифференцировку клеток. Иными словами, скопление взаимодействующих клеток превращалось в

многоклеточный организм со специальными регуляторными, двигательными, трофическими и защитными системами. Именно в дифференцировке клеток заключается главное отличие многоклеточных организмов от временных многоклеточных агрегатов.

Сигналы, с помощью которых взаимодействуют клетки, могут быть разными. У дрожжей, например, это ацетальдегид, у слизевых амёб — циклический аденозинмонофосфат, у клеток млекопитающих — ганглиозиды.

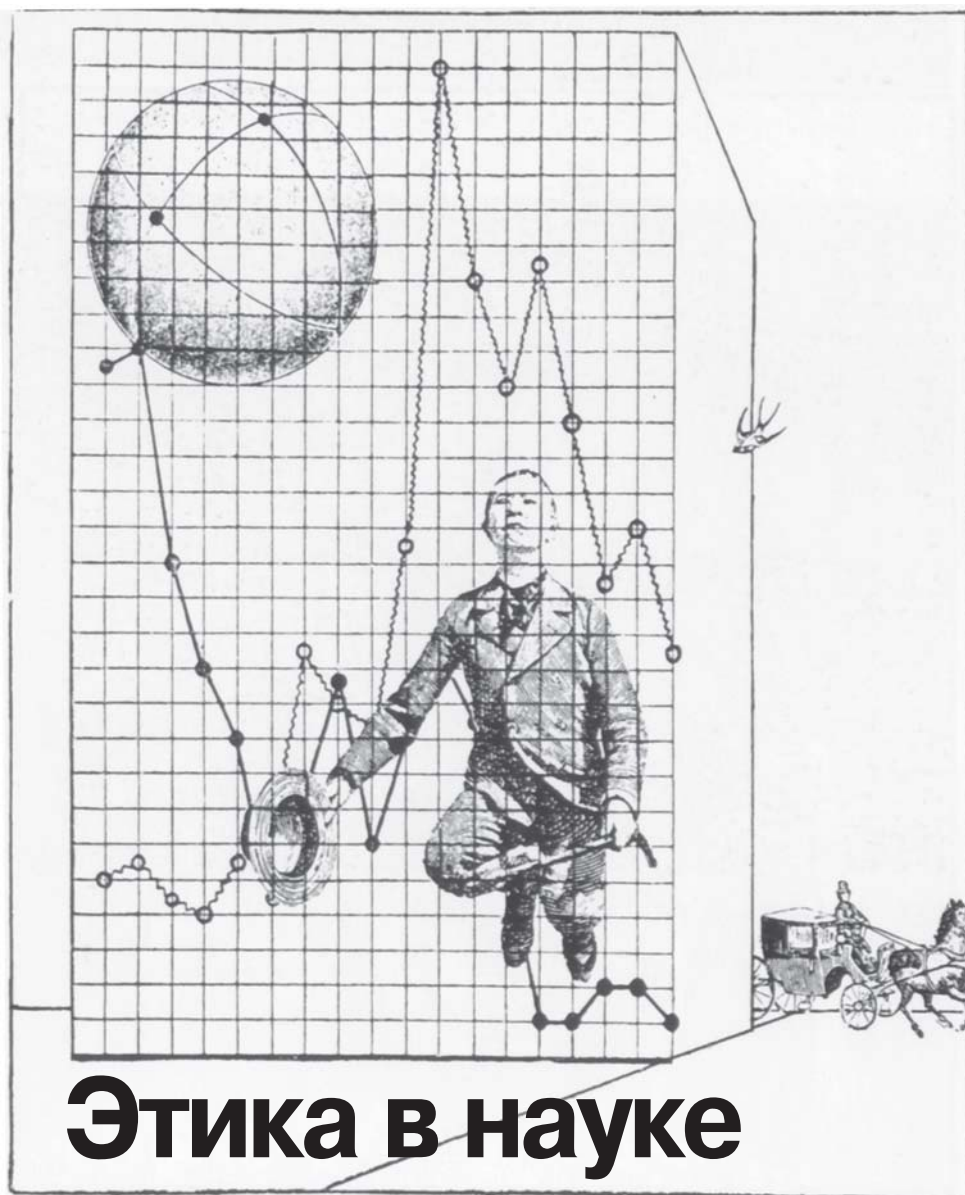
Ученым удалось найти сигнальные факторы, общие и для микробов, и для протистов, и для млекопитающих, — биогенные амины (серотонин, дофамин, адреналин и норадреналин). Появившись в клетках на заре эволюции, биогенные амины регулировали биохимические реакции и обеспечивали межклеточные взаимодействия. Позже они стали выполнять функции нейромедиаторов, но регулировать клеточный метаболизм до сих пор продолжают. Норадреналин и серотонин, например, усиливают агрегацию микробных клеток, а дофамин, напротив, замедляет их рост. Это значит, что древние механизмы самоорганизации клеток могут влиять на многие естественные и патологические процессы в тканях организма человека — при воспа-



лении, заживлении, опухолевом росте, старении и т. д.

Поскольку существуют сигнальные системы, общие для всех организмов, самоорганизация клеточных популяций действительно может быть фактором эволюции многоклеточных. Хотя у многоклеточных и появилась специальная регуляторная система — нервная, прямые межклеточные взаимодействия не утратили своего значения даже в тканях млекопитающих. Они, например, синхронизируют синтез белка в гепатоцитах (клетках печени) и обеспечивают многие околочные ритмы. Механизмы влияния индукторов сложны и не вполне понятны, но их существование сомнений не вызывает.

Работа В.Я.Бродского выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.



# Этика в науке

Доктор химических наук  
**Ю.П. Ямпольский**

## «Физики познали грех»

Наука и нравственность — эта тема огромна, к ней все чаще обращаются и в научной литературе, и в средствах массовой информации. Сегодня вопросы научной этики особенно важны. Тому есть несколько причин.

Первая из них — могущество науки, ярко продемонстрированное во второй половине XX века, причем ее огромным достижениям часто сопутствовали серьезные проблемы. Использование атомной энергии, воздействие химизации промышленности и сельского хозяйства на геосферу, глобальное потепление и другие проблемы экологии, генная инженерия, исследования, направленные на создание искусственного интеллекта

и распространение роботов, — все это вызывает тревогу в обществе, да и у самих ученых тоже. Можно спорить, насколько обоснованна тревога в каждом из этих случаев, но недооценивать ее нельзя.

Вторая причина — это особенности роста науки и технологии на современном этапе. В течение 100—200 лет наблюдался экспоненциальный рост науки. В этот период, по-видимому, были справедливы утверждения: «90% живших когда-либо химиков (физиков, биологов и т. д.) работают сейчас». Число живущих в данное время ученых, количество открытий, журналов и научных публикаций росли по экспоненте с постоянным показателем. Если бы кто-то захотел экстраполировать такую тенденцию в не очень отдаленное будущее, он пришел бы к абсурдному результату: число ученых должно приблизиться к чис-

лу жителей Земли. В последние десятилетия наметились изменения — ресурсов (прежде всего материальных) начинает не хватать. Все это неизбежно должно привести и приводит к усилению конкуренции — борьбе за приоритет, гранты, контракты и т. п.

Третья причина — расширение географии науки. На первые места по вкладу начинают выходить новые народы — китайцы, корейцы, индийцы. Но в этих странах нет устоявшихся научных школ, традиций, выработанных десятилетиями правил поведения в науке.

Таким образом, реалии жизни и практики ученых со второй половины XX века (а некоторые и ранее) изменились, и они подталкивают исследователей к тем или иным нарушениям того, что всеми понимается как научная этика. Вот что по этому поводу писал известный американский философ Уэйн А.Р.Лейс:

«Биологи, химики и физиологи — все они имеют свои коды этики. Эти коды включают стандарты поведения, которые складывались в течение многих лет у многих поколений исследователей и, будучи принятыми, приобрели характер моральных заповедей. В наиболее общей форме их можно сформулировать следующим образом:

1. Стремись к истинному знанию. Это требование сводится к выполнению ряда предписаний, которые в общем виде можно выразить так: «Нельзя останавливать исследования».

2. Публикуй только истинное. Со времен Парацельса самым тяжким грехом среди ученых считается подтасовка результатов. Почти столь же неприемлемой считается любая цензура, которая препятствует обмену идеями и критической проверке результатов исследований.

3. Делай все возможное, чтобы истинное знание было использовано во благо человечества».

Этот список моральных предписаний содержит в себе явные и, возможно, непреодолимые противоречия. Например, создание атомной бомбы в США и овладение ядерной энергией явно соответствуют первой заповеди (но, может быть, противоречат третьей?). Здесь вспоминается знаменитое высказывание Энрико Ферми: «Это хорошая физика!» Создание атомной бомбы помешало нацистам захватить мир и ускорило окончание Второй мировой войны, но согласятся ли с этим жители Хиросимы? А о возможных последствиях создания искусственного интеллекта

смогут судить только будущие поколения.

Вот некоторые высказывания весьма авторитетных, выдающихся деятелей науки. Они показывают, что мысли об ответственности за результаты научного творчества тревожат и самих ученых.

Макс Борн: «Все попытки приспособить наш этический код к ситуации в технологическую эру не удалась».

Роберт Опенгеймер: «Физики познали грех».

Роальд Хоффманн: «Пятьдесят лет назад загрязнение окружающей среды было просто проявлением Второго начала термодинамики, сегодня это грех». И он же: «Когда мы творим, а мы не можем не творить, то обязаны интересоваться последствиями нашей работы».

Отметим, что тема очень серьезная, требует отдельного рассмотрения, и не будем дальше в нее углубляться. Наоборот, сосредоточим внимание на «внутренних» вопросах, которые возникают в процессе функционирования науки.

## Все ученые делают это?

Каковы же категории нарушения научной этики, каковы правила, по которым можно оценивать неэтичное поведение ученых? Классификация таких нарушений предложена Американским физическим обществом (АФО). Ниже они перечислены в порядке снижения «греховности»:

- фабрикация данных;
- фальсификация данных;
- плагиат;
- двойная или множественная публикация одних и тех же результатов (по сути, самоплагиат);
- невключение в число авторов исследователей, выполнивших важную часть работы;
- включение людей, не принимавших участие в работе;
- сознательное исключение из библиографического списка важных работ по теме исследования;
- сознательная задержка публикации рецензентом.

Увы, ознакомившись с этим списком, почти каждый читатель «Химии и жизни», если он научный работник, вспомнит, что хоть однажды нарушал ту или иную заповедь. Почему же так получается? Вот что по этому поводу сказано в специальном исследовании, проведенном АФО:

«Многие нарушения научной этики происходят из-за испытываемого учеными принуждения публиковаться во что бы то ни стало. Исследователя це-

нят по числу опубликованных статей (и по числу цитирований. — *Примеч. автора.*), причем имеет значение статус журнала, в котором они напечатаны. Никто не интересуется тем, сколько времени затрачено на работу, сколько испытаний было проведено для подтверждения результатов и т. д. Больше статей в журналах — вот что определяет научную карьеру ученого».

Прежде чем перейти к весьма красноречивым примерам нарушения научной этики, поясним, как определяются первые три «смертных греха» из приведенного выше списка.

Под «фабрикацией» данных понимают опубликование результатов, которые не были получены в экспериментах. Это довольно редкая ситуация: опрос аспирантов и постдоков, работающих в физике, показал, что указания на фабрикацию (у себя, а чаще у коллег) имелись в 4% опросных анкет. По другому недавно проведенному опросу из 2212 опрошенных в 201 случае сообщалось о некоторых нарушениях этики (misconduct) за последние три года. Числа эти на первый взгляд невелики, но, если вдуматься, ситуация вопиющая: на подлог способны один или двое молодых ученых из каждых двух-трех десятков.

Под «фальсификацией» понимают сознательное манипулирование материалами исследований, описанием оборудования или процессов, исключение данных некоторых экспериментов, давших нежелательные результаты. Те, кто хорошо знают историю советской науки, наверняка вспомнят, что это был основной «художественный метод» академика Т.Д. Лысенко и его школы.

Самый трудный для доказательства пункт — это плагиат, присвоение автором не принадлежащих ему идей, результатов или заимствование текстов из чужих публикаций без приведения соответствующих ссылок. Трудность здесь состоит в том, что основой научного поиска как раз и является заимствование и развитие идей предшественников. Поэтому грань между плагиатом и собственным достижением часто бывает весьма зыбкой. Даже во время написания этой заметки я все время задаю себе вопрос: а не нарушил ли я где-то невольно научную этику?

## И не только корейцы...

Какие же вопиющие нарушения этики за последние годы всколыхнули научную общественность, выплеснулись даже в средства массовой ин-



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

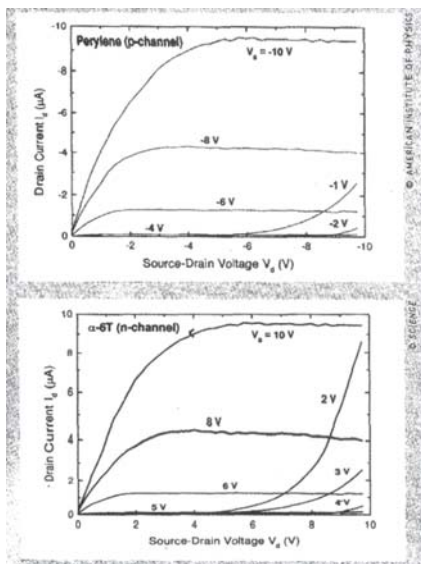
формации, что не способствовало, разумеется, привлекательности облика науки? Следует отметить, что большинство случаев фабрикации, фальсификации и плагиата случились в тех областях науки, которые развиваются особенно активно и находятся на слуху: стволовые клетки, синтез трансураниевых, сверхтяжелых элементов, создание новых типов материалов для электроники. Результаты этих работ были напечатаны в самых престижных журналах, таких, как «Science», «Nature», «Journal of American Chemical Society». Наверняка они прошли самый строгий отбор у рецензентов высшей квалификации. Почему же рецензенты дали добро? Подействовало ли на них обаяние значительного открытия? Хотя обнаружить обман — задача непростая в любом случае.

В 2004 и 2005 годах корейский биолог Ву Сук Хванг опубликовал в журнале «Science» две имевшие большой резонанс статьи по эмбриональным стволовым клеткам человека, полученным путем клонирования. Впоследствии, однако, выяснилось, что данные в них были фальсифицированы, сам профессор Ву Сук Хванг полностью признал свою вину и был уволен из Сеульского национального университета. Правительство Республики Корея запретило ему в дальнейшем заниматься исследованиями клонирования клеток человека. Особенно прискорбным было то, что в группе Ву Сук Хванга царил авторитарная атмосфера, не позволявшая младшим сотрудникам (и соавторам) выражать сомнения в правомочности этих публикаций и содержащихся в них утверждений.

Недавно под огонь критики попал другой корейский ученый. Доктор Тае Кук Ким опубликовал в журналах «Science» и «Nature. Chemical Biology» статьи, в которых утверждалось, что некоторая сложная органическая молекула проявляет свойства, задерживающие старение клеток. В дальнейшем выяснилось, что испытаниям в

работе подвергали другое, хотя и структурно родственное соединение. Комиссия, обнаружившая фальсификацию, в своем отчете поясняет, что ее деятельность была следствием более строгого контроля научных публикаций корейских исследователей, причем специальный протокол такого контроля был сформулирован после скандальной истории с профессором Ву Сук Хвангом.

Однако не стоит думать, что подобные случаи отмечаются только в странах, где научные школы сформировались сравнительно недавно. Весьма показателен скандал, случившийся с молодым исследователем в области физики твердого тела Яном Хендриком Шёном, сотрудником фирмы «Bell Laboratory». Он активно работал в области органических материалов для полевых транзисторов, опубликовал множество статей в ведущих журналах, таких, как «Science», «Nature», «Applied Physics Letters». Его работы привлекли внимание, на чем Шён и погорел. На рисунке показаны экспериментальные зависимости, якобы полученные для двух разных органи-



ческих полупроводников (перилена, характеризующего проводимостью положительных зарядов, и  $\alpha$ -секситиофена, вещества с проводимостью за счет отрицательных зарядов). Та и другая публикации появились в 2000 году в журналах «Science» и «Applied Physics Letters». Изумленные читатели обнаружили, что даже «шум» на кривых, полученных для совершенно разных систем, совпадает. Комиссия из пяти уважаемых и независимых специалистов обнаружила, что в 25 работах, по которым возникли подозрения, в 16 случаях присутствовали элементы фабрикации и фальсифика-

ции данных. Разумеется, Шёна вскоре уволили.

Тут, кстати, возник и еще один этический вопрос — об ответственности соавторов. В подобных физических работах всегда используется несколько специализированных инструментальных методов, поэтому появляются соавторы, которые могут быть не в курсе деталей основного эксперимента. В принципе все соавторы должны иметь равные права на результаты работы, но значит ли это, что они должны нести и равную ответственность за подлог? Комиссия освободила их от ответственности, но, как говорится, осадок остался. Что делать, чтобы подобная практика была полностью исключена, — пока неясно.

Скандальные истории случаются даже внутри научных школ с высочайшей репутацией, таких, как американская «Lawrence Berkeley National Laboratory» (LBNL) — это один из мировых лидеров в исследованиях по получению сверхтяжелых элементов. В 1999 году LBNL объявила о получении элемента с атомным весом 118 путем бомбардировки ядер  $^{208}\text{Pb}$  ионами  $^{86}\text{Kr}$ . Однако дальнейшие независимые исследования не подтвердили этого результата. Через два года руководство LBNL опровергло опубликованные ранее данные. Главный автор этой работы, болгарский физик Виктор Нинов, был уличен в фабрикации данных, которые послужили основанием для утверждения об открытии нового элемента. Нинов был уволен, но история на этом не закончилась. Руководитель другого центра, где занимаются синтезом новых трансурановых элементов, Исследовательского института тяжелых ионов в Дармштадте, профессор Сигурд Хофманн сообщил, что дополнительная проверка данных по предполагаемому синтезу элементов с массой 110 и 112, полученных ранее (в 1994 и 1996 годах) Ниновым, который тогда работал в Дармштадте, выявила подтасовку некоторых результатов, и достоверность этих открытий также была поставлена под сомнение.

Во многих случаях (особенно в биологии) доказательством тех или иных утверждений служат фотографии, полученные с помощью сканирующего или атомно-силового микроскопа. Здесь в руках недобросовестного исследователя оказывается мощный инструмент — компьютерное редактирование оригинальных изображений. Дополнительная трудность здесь состоит в том, что крайне трудно доказать преднамеренное искажение изобра-

жений: автор всегда может утверждать, что просто улучшал качество рисунков для публикации в журнале.

Как же со всем этим бороться? Тут мнения расходятся. Одни требуют, чтобы администрация лабораторий и институтов разработала строгие протоколы проведения экспериментов и регистрации данных и неукоснительно следила за их соблюдением. Однако другие с грустью отмечают, что хитрый злоумышленник найдет пути обойти эту меру. Мнение третьих, которое может вызвать только улыбку, состоит в том, что данные из статьи, направляемой в печать, должны проходить проверку специальными комиссиями, созданными при директорах институтов и деканах факультетов. Конечно, роль доказательств в экспериментальных науках — воспроизводимости результатов, но применим ли этот критерий, например, для работ по синтезу новых элементов, где доказательством может быть событие, фиксируемое раз в несколько лет?

Для борьбы с фабрикацией и фальсификацией данных создано множество разных комиссий, но бюрократические меры едва ли могут гарантировать высокие моральные качества ученых. Очень важно, чтобы университеты уделяли больше внимания вопросам научной этики, важен нравственный климат в каждой лаборатории. Поможет ли все это? Как грустно заключает профессор Хофманн: «Время покажет».

## Плагиаторы и «соавторы»

А как обстоит дело с плагиатом? Очевидно, это явление распространено гораздо шире. Иногда масштаб плагиата просто поражает. Так, профессор химии Паттиум Чиранджеви из университета города Тирупати (Индия) с 2004 по 2007 год опубликовал более 70 работ в 25 журналах, причем в большинстве из них были обнаружены элементы плагиата, а также фальсификации данных. Метод профессора Чиранджеви весьма прост и, как оказалось, эффективен: он забрасывал множество журналов своими рукописями в надежде, что хоть где-нибудь их да примут. В некоторых статьях утверждалось, что данные получены на приборах, которых не было в его университете. Иногда он брал чужую работу и просто заменял один определяемый ион на другой, например As(III) на Cr(III), — сам Чиранджеви был (точнее, считался) специалистом по аналитической химии. В другом случае одна и та же работа, в частности по аналити-



ческой химии селена, была направлена в четыре разных журнала. Как и положено свхащенному за руку жулику, Чиранджеви защищался, хотя весьма неуклюже. Вначале обвинял неизвестных злоумышленников, которые представляли в журналы рукописи от его имени, потом собственных учеников. Были моменты особенно возмутительные — студентам предлагалось получать степени за взятки. В разных его работах фигурировало 56 соавторов, кто-то из его сотрудников жаловался и раньше, однако на это не обращали внимания. Брюс Виерсма, редактор журнала «Environmental Monitoring & Assessment», говорит, что это самый вопиющий известный ему пример жульничества в науке за последние 30 лет.

Но есть и хорошие новости: оказывается, с плагиатом и его родным братом, множественным представлением рукописей, можно бороться. Сегодня подавляющее большинство журналов получают рукописи в электронном виде, и почти все они имеют электронную версию в Интернете. Это позволяет проверять представляемые рукописи на предмет плагиата с помощью тех или иных поисковых систем. Разумеется, эта процедура недешевая и непростая, ведь не все плагиаторы так прямолинейны, как Чиранджеви. Поэтому редакциям журналов предоставляют свои услуги специализированные компьютерные фирмы, такие, как «CrossCheck», «CrossRef», «iParadigms», «iTenticate». Кроме того, принимая рукописи, большинство журналов требует от авторов подтверждения, что данная работа не была опубликована и не планируется ее публикация в другом журнале. Научные журналы Американского химического общества подготовили «Этические рекомендации по публикациям химических исследований». Все это, думается, должно перекрыть дорогу плагиату или, по крайней мере, отпугнуть потенциальных плагиаторов.

Но есть проблемы, которые таким способом не решить. Речь идет об авторских коллективах статей — о тех случаях, когда в состав авторов включают разнообразных «нужных» людей: начальников, спонсоров и т. п. Этот вопрос недавно обсуждался в журнале «Science». Оказывается, более сотни статей, опубликованных в 2006 году, имели 500 и более соавторов. Пример одной из подобных статей показан на рисунке справа («всего» 186 соавторов). Рекорд поставила одна физическая работа, число соавторов которой — 2512 человек.

Следует отметить, что в некоторых областях знания большое число авторов — обычная и оправданная практика. Представьте себе публикации результатов, полученных, например, на Большом адронном коллайдере или на телескопе Хаббл: получены они благодаря усилиям множества инженеров, весьма квалифицированных специалистов в разных областях науки и техники, и не упомянуть их было



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

## The Fermi Gamma-Ray Space Telescope Discovers the Pulsar in the Young Galactic Supernova Remnant CTA 1

A. A. Abdo,<sup>1,2</sup> M. Ackermann,<sup>3</sup> W. B. Atwood,<sup>4</sup> L. Baldini,<sup>5</sup> J. Ballet,<sup>6</sup> G. Barbiellini,<sup>7,8</sup> M. G. Baring,<sup>9</sup> D. Bastieri,<sup>10,11</sup> B. M. Baughman,<sup>12</sup> K. Bechtol,<sup>3</sup> R. Bellazzini,<sup>5</sup> B. Berenji,<sup>3</sup> R. D. Blandford,<sup>3</sup> E. D. Bloom,<sup>3</sup> G. Bogaert,<sup>13</sup> E. Bonamente,<sup>14,15</sup> A. W. Borgland,<sup>3</sup> J. Bregeon,<sup>5</sup> A. Brez,<sup>5</sup> M. Brigida,<sup>16,17</sup> P. Bruel,<sup>13</sup> T. H. Burnett,<sup>18</sup> G. A. Caliandro,<sup>16,17</sup> R. A. Cameron,<sup>3</sup> P. A. Caraveo,<sup>19</sup> P. Carlson,<sup>20</sup> J. M. Casandjian,<sup>6</sup> C. Cecchi,<sup>14,15</sup> E. Charles,<sup>3</sup> A. Chekhtman,<sup>2,21</sup> C. C. Cheung,<sup>22</sup> J. Chiang,<sup>3</sup> S. Cipriani,<sup>14,15</sup> R. Claus,<sup>3</sup> J. Cohen-Tanugi,<sup>23</sup> L. R. Cominsky,<sup>24</sup> J. Conrad,<sup>20,25</sup> S. Cutini,<sup>26</sup> D. S. Davis,<sup>2,27</sup> C. D. Dermer,<sup>2</sup> A. de Angelis,<sup>28</sup> F. de Palma,<sup>16,17</sup> S. W. Digel,<sup>3</sup> M. Dormody,<sup>4</sup> E. do Couto e Silva,<sup>3</sup> P. S. Drell,<sup>3</sup> R. Dubois,<sup>3</sup> D. Dumora,<sup>29,30</sup> Y. Edmonds,<sup>3</sup> C. Farnier,<sup>23</sup> W. B. Focke,<sup>3</sup> Y. Fukazawa,<sup>31</sup> S. Funk,<sup>3</sup> P. Fusco,<sup>16,17</sup> F. Gargano,<sup>17</sup> D. Gasparri,<sup>26</sup> N. Gehrels,<sup>22,32</sup> S. Germani,<sup>14,15</sup> B. Giebels,<sup>13</sup> N. Giglietto,<sup>16,17</sup> F. Giordano,<sup>16,17</sup> T. Glanzman,<sup>3</sup> G. Godfrey,<sup>6</sup> I. A. Grenier,<sup>6</sup> M.-H. Grondin,<sup>29,30</sup> J. E. Grove,<sup>2</sup> L. Guillemot,<sup>29,30</sup> S. Guiriec,<sup>23</sup> A. K. Harding,<sup>22</sup> R. C. Hartman,<sup>22</sup> E. Hays,<sup>22</sup> R. E. Hughes,<sup>12</sup> G. Jóhannesson,<sup>3</sup> A. S. Johnson,<sup>3</sup> R. P. Johnson,<sup>4</sup> T. J. Johnson,<sup>22,32</sup> W. N. Johnson,<sup>2</sup> T. Kamae,<sup>3</sup> Y. Kanai,<sup>33</sup> G. Kanbach,<sup>34</sup> H. Katagiri,<sup>31</sup> N. Kawai,<sup>33, 35</sup> M. Kerr,<sup>18</sup> T. Kishishita,<sup>36</sup> B. Kiziltan,<sup>37</sup> J. Knödseder,<sup>38</sup> M. L. Kocian,<sup>3</sup> N. Komin,<sup>6,23</sup> F. Kuehn,<sup>12</sup> M. Kuss,<sup>5</sup> L. Latronico,<sup>5</sup> M. Lemoine-Goumard,<sup>29,30</sup> F. Longo,<sup>7,8</sup> V. Lonjou,<sup>29,30</sup> F. Loparco,<sup>16,17</sup> B. Lott,<sup>29,30</sup> M. N. Lovellette,<sup>2</sup> P. Lubrano,<sup>14,15</sup> A. Makeev,<sup>21</sup> M. Marelli,<sup>19</sup> M. N. Mazziotta,<sup>17</sup> J. E. McEnery,<sup>22</sup> S. McGlynn,<sup>20</sup> C. Meurer,<sup>25</sup> P. F. Michelson,<sup>3</sup> T. Mineo,<sup>39</sup> W. Mitthumsiri,<sup>3</sup> T. Mizuno,<sup>31</sup> A. A. Moiseev,<sup>40</sup> C. Monte,<sup>16,17</sup> M. E. Monzani,<sup>3</sup> A. Morselli,<sup>41</sup> I. V. Moskalenko,<sup>3</sup> S. Murgia,<sup>3</sup> T. Nakamori,<sup>33</sup> P. L. Nolan,<sup>3</sup> E. Nuss,<sup>23</sup> M. Ohno,<sup>36</sup> T. Ohsugi,<sup>31</sup> A. Okumura,<sup>42</sup> N. Omodei,<sup>5</sup> E. Orlando,<sup>34</sup> J. F. Ormes,<sup>43</sup> M. Ozaki,<sup>36</sup> D. Paneque,<sup>3</sup> J. H. Panetta,<sup>3</sup> D. Parent,<sup>29,30</sup> V. Pelassa,<sup>23</sup> M. Pepe,<sup>14,15</sup> M. Pesce-Rollins,<sup>5</sup> G. Piano,<sup>41</sup> L. Pieri,<sup>10</sup> F. Piron,<sup>23</sup> T. A. Porter,<sup>4</sup> S. Rainò,<sup>16,17</sup> R. Rando,<sup>10,11</sup> P. S. Ray,<sup>2</sup> M. Razzano,<sup>5</sup> A. Reimer,<sup>3</sup> O. Reimer,<sup>3</sup> T. Reposeur,<sup>29,30</sup> S. Ritz,<sup>22,32</sup> L. S. Rochester,<sup>3</sup> A. Y. Rodriguez,<sup>44</sup> R. W. Romani,<sup>3</sup> M. Roth,<sup>18</sup> F. Ryde,<sup>20</sup> H. F.-W. Sadrozinski,<sup>4</sup> D. Sanchez,<sup>13</sup> A. Sander,<sup>12</sup> P. M. Saz Parkinson,<sup>4</sup> T. L. Schalk,<sup>4</sup> A. Sellerholm,<sup>25</sup> C. Sgrò,<sup>5</sup> E. J. Siskind,<sup>45</sup> D. A. Smith,<sup>29,30</sup> P. D. Smith,<sup>12</sup> G. Spandre,<sup>5</sup> P. Spinelli,<sup>16,17</sup> J.-L. Starck,<sup>6</sup> M. S. Strickman,<sup>2</sup> D. J. Suson,<sup>46</sup> H. Tajima,<sup>3</sup> H. Takahashi,<sup>31</sup> T. Takahashi,<sup>36</sup> T. Tanaka,<sup>3</sup> J. B. Thayer,<sup>3</sup> J. G. Thayer,<sup>3</sup> D. J. Thompson,<sup>22</sup> S. E. Thorsett,<sup>4</sup> L. Tibaldo,<sup>10,11</sup> D. F. Torres,<sup>44,47</sup> G. Tosti,<sup>14,15</sup> A. Tramacere,<sup>3,48</sup> T. L. Usher,<sup>3</sup> A. Van Etten,<sup>3</sup> N. Vilchez,<sup>38</sup> V. Vitale,<sup>41</sup> P. Wang,<sup>3</sup> K. Watters,<sup>3</sup> B. L. Winer,<sup>12</sup> K. S. Wood,<sup>2</sup> H. Yasuda,<sup>31</sup> T. Ylinen,<sup>20,49</sup> M. Ziegler<sup>4</sup>


бы несправедливо. Но как провести границу между справедливым упоминанием всех, кто внес посильный вклад, и «награждением непричастных»?

Сказанное не исчерпывает всех наиболее проблем научных этики. Не рассмотрены, например, многочисленные вопросы, связанные с «конфликтом интересов», когда рецензенты статей в журналах, члены комиссий, поддерживающих гранты или присуждающих премии, вплоть до Нобелевских, руководствуются личной заинтересованностью, симпатией или антипатией к авторам обсуждаемых работ. Увы, эти стереотипы поведения возникли давно. Историки науки подозревают, что даже выдающиеся ученые, например Аррениус и Нернст, далеко не всегда были

беспристрастны в своей работе по присуждению Нобелевских премий.

И в заключение еще раз подчеркнем: вероятно, самый важный аспект научной этики — это ответственность ученого, да и всего научного сообщества за результаты его исследований, иногда весьма отдаленные. Вопрос этот исключительно сложен хотя бы уже потому, что нет ничего труднее, чем достоверные предсказания развития науки, общества, цивилизации. Но тем не менее от ответа на него не уйти.





# Тулунский бутанол: ТОПЛИВО ИЗ ЛЕСА

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М. Комаров**

*Когда речь идет об альтернативном моторном топливе, как правило, вспоминают биоэтанол либо биодизель. Заводы по их производству из растительного сырья строят во многих странах. Этот бум частично связан с высокими ценами на нефть, а частично с тем, что страны Евросоюза дают большие дотации на использование так называемого экологически чистого топлива. Однако есть еще один вид топлива, который до недавнего времени оставался в тени. Это бутанол. Сейчас его в основном используют как растворитель и компонент пластиков, а синтезируют из нефтепродуктов. Однако в первой половине XX века, пока синтетический способ не оказался более рентабельным, бутанол получали из пшеницы или картофеля.*

*Прошлым летом ситуация изменилась. ОАО «Корпорация Биотехнологии» запустило на Тулунском гидролизном заводе опытную установку по производству бутанола из древесины, причем использован он будет именно как моторное топливо. Это уникальное производство способно в непрерывном режиме перерабатывать 18 тонн древесины в час. Нигде в мире биобутанол пока не изготавливают промышленным способом из непищевого сырья. Нигде нет и такой технологии переработки древесины, при которой не образуются отходы: все побочные продукты либо в качестве полупродуктов, либо в готовом виде могут для чего-нибудь пригодиться. Сегодня есть планы строительства биобутанольного производства в нескольких богатых лесом странах, например в Канаде. Скандинавы, озабоченные резким падением спроса на газетную бумагу и соответственно на скандинавский лес, тоже хотят получать моторное топливо из древесины. Однако первыми довести подобные планы до реального воплощения удалось отечественным специалистам. Давайте вместе с читателями «Химии и жизни» совершим прогулку по этому заводу.*

## Тулун

Город, в котором открыли производство биобутанола, расположен в 390 км от Иркутска на берегу реки Ия — притоке Ангары. Иркутская область — лесное место. Поэтому неудивительно, что в 1949 году в Тулуне начали строить гидролизный завод для производства спирта из целлюлозы, которую, в свою очередь, получали из древесины гидролизом с применением серной кислоты. Эту технологию нельзя назвать оптимальной: получается немало отходов в виде обугленного лигнина с серой и гипсом (он образуется при нейтрализации кислоты). Такой лигнин без дополнительной переработки ни на какое дело особенно не годится, и остается в слабо перегнивающих отвалах — даже микроорганизмам он оказывается не по зубам. Подобные отвалы есть около любого целлюлозно-бумажного производства или спиртового завода. Однако в Сибири места много, и производство гидролизного спирта успешно работало, ведь в советское время его широко использовали для технических целей, хотя Высоккий и пел про водку из опилок.

После перестройки многие гидролизные заводы прекратили свое существование: потребность в техническом спирте сократилась. Тулунский завод продержался до мая 2006 года, когда повышение акцизов сделало его совершенно не-

рентабельным. Он пытался осваивать новые технологии — запустил цеха по производству пищевого спирта, по выпуску кормовых дрожжей, денатурированной продукции, — но все это не помогло. И все же руководитель завода, прежде всего директор В.А.Хаматаев, не дали предприятие разграбить, а законсервировали до лучших времен.

Эти времена наступили в 2008 году, когда корпорация «Биотехнологии» решила создать здесь производство биобутанола.

## Бутанол против этанола

Бутиловый спирт, бутанол, в отличие от этанола содержит четыре атома углерода, поэтому возможно несколько изомеров. Формула n-бутанола, который получается брожением растительного сырья, —  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$ , а температура кипения выше, чем у воды. Бутанол — основной компонент сивушного масла и, стало быть, обладает свойственным ему неприятным запахом. Это обстоятельство в значительной степени способствует тому, что на бутанол стали обращать внимание специалисты по альтернативному топливу. Ведь не секрет, что использовать для заправки автомобиля смесь из этанола с бензином небезопасно для здоровья населения, которое достаточно сообразительно, чтобы при случае выделить даже из нее продукт, пригодный



*В руках у директора завода  
В.А.Хаматаева банка с древесиной,  
размолотой до микронного размера*



## ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

Сам по себе биологический способ получения бутанола известен уже полтора века — еще в 1861 году Луи Пастер обнаружил микроорганизмы, которые при сбраживании сахара синтезируют бутанол. Это клостридии, в частности *Clostridium acetobutylicum*. Они живут в анаэробных условиях и помимо бутанола синтезируют еще и ацетон, этанол, а также органические кислоты. (Соотношение бутанол:ацетон:спирт — 6:3:1.)

Бутанол — продукт жизнедеятельности бактерий, а жить в продуктах своей жизнедеятельности — кому понравится? Поэтому, накапливаясь, бутанол подавляет рост и развитие своих производителей. Аналогичный эффект, кстати, объясняет тот факт, что натуральные спиртные напитки содержат определенное, характерное для них количество этанола. Например, пиво не случайно обладает крепостью 4–5%: при более высокой концентрации пивные дрожжи перестают расти. Для винных дрожжей предел — 12–13%. Есть редкие виды дрожжей, которые живут при крепости 18%, с их помощью получают очень сладкие и крепкие натуральные вина, например, в Армении. Ну а клостридии выдерживают лишь 2% бутанола. Многие другие бактерии и на порядок более низкой концентрации бутанола не приемлют, и там, где хорошо развиваются клостридии, нет микроорганизмов, мешающих основному процессу. Поэтому при проектировании схемы завода нужно было решить задачу непрерывного удаления бутанола, а также этанола и ацетона из ферментера с клостридиями.

## Высокая технология подготовки древесины

Клостридии питаются сахаром. Его-то и нужно извлечь из древесины с наименьшим количеством отходов. Для этого поступившую на склад завода древесину хорошенько подготавливают. Первый этап — измельчение. Второй — извлечение из полученного древесного порошка смолы. Для этого спроектировали компактный ультразвуковой экстрактор, ускоривший процесс в тысячу раз. Механизм действия ультразвука таков. Каждую частичку сухого дерева можно представить как воздушный пузырек, застрявший в микроскопическом кусочке губки. Он, многократно сжимаясь и расширяясь под действием ультразвука, ускоряет пропитку дерева растворителем, вихри которого у поверхности частицы быстро, за 10–20 секунд, вымывают из всю смолу. Именно такая большая скорость необходима, чтобы обеспечить переработку 18 т древесины в час.

На удаление смолы из каждой тонны древесины нужно затратить восемь–десять тонн растворителя. Это может быть один из сопутствующих продуктов производства бутанола — ацетон. После очистки от смолы растворитель вновь идет на обработку очередной порции древесных опилок.

Выделенная без тепловой обработки смола чиста, а также насыщена эфирными маслами и биологически активными веществами, чего не скажешь о смоле, полученной традиционным способом — вытапливанием. В результате она обладает приятным ароматом леса и служит отличным оздоравливающим средством: создатели технологии доказали, что ее суспензия, распыленная в воздухе, уничтожает или подавляет многие болезнетворные бактерии, в том числе палочки Коха. В общем, получается отличная натуральная добавка для всевозможных ароматизаторов воздуха. А выходит этой смолы ни много ни мало 30–35 кг из тонны хвойной древесины.

для употребления внутрь. Про ядовитый метанол и говорить не приходится. Бутанол же по ядовитости превосходит этанол в три-четыре раза, однако выпить его по ошибке невозможно: слишком уж мерзок запах.

А как топливо для автомобиля он заслуживает только похвалы. Октановое число н-бутанола ниже, чем у этанола и метанола, и очень близко к бензину: измеренное по исследовательскому методу, оно равно 96, а по моторному методу — 78. (Как пишет «Википедия», определение октанового числа проводят на установках с одноцилиндровым двигателем в двух режимах: более жесткий — моторный метод, менее жесткий — исследовательский.) У этанола октановое число выше — 100–105. Значит, бензиновый двигатель для работы даже на чистом бутаноле не надо изменять, достаточно отрегулировать. Для чистого этанола конструкцию двигателя менять нужно, а в бензобаке обычного автомобиля заливают его раствор в бензине: этанол служит добавкой, повышающей октановое число.

В отличие от этанола бутанол не разбавляется, самовольно поглощая водяные пары. Поэтому для его перевозки не требуются герметичные цистерны: этот спирт вполне можно перекачивать по трубопроводам и разливать с помощью обычных бензозаправочных колонок. Ну а преимущество любого спирта перед бензином состоит в гораздо более чистом выхлопе: в спирте нет ни азота, ни серы, ни ароматических углеводородов. Если же вспомнить о добавке «био» к слову «бутанол», которая подразумевает получение спирта из возобновляемого сырья, то станет ясно, что такое топливо должно еще и способствовать снижению выбросов углекислого газа в атмосферу.

Тулунский бутанол получают именно таким способом — из дерева, прежде всего из отходов лесозаготовок и деревопереработки. А таких отходов много: обычно из двадцати-тридцатиметровой сосны удается выпилить одно-два шестиметровых бревна. Остальное — тонкие или кривые куски ствола, пни, а также сучья — идет в отходы, общий объем которых составляет 60% от срубленного дерева. Эти отходы и должны были служить сырьем для гидролизного спирта, хотя их нередко оставляли на лесосеке, а спирт делали из деловой древесины. Теперь они станут сырьем для изготовления бутанола.

## О жизни клостридий

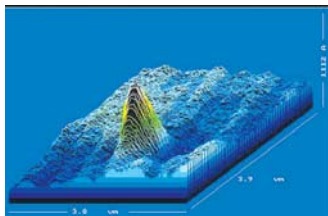
«Перед нами стояла очень непростая задача — нужно было за два месяца переделать гидролизный завод под производство биобутанола. Некоторые элементы технологии приходилось отрабатывать непосредственно во время монтажа. Люди на заводе во главе с директором трудились круглые сутки. Это была очень интересная работа, тем более что давно перед нами никто не ставил столь масштабной задачи», — рассказывает доктор биологических наук, профессор В.Б.Акопян из ГосНИИ биосинтеза белковых веществ, в котором и была создана безотходная технология производства биобутанола.

После того как разобрались со смолой, порошок надо еще сильнее измельчить. Это делают на высокоскоростной мельнице. Как оказалось, дробить дерево — сложная задача, потому что древесина весьма упруга; лишь при большой скорости размола частицы дерева становятся хрупкими как стекло. С одного конца в мельницу поступают опилки после экстракции смолы, а с другой сыплется древесная пыль с частицами микронных размеров. При такой обработке происходит еще и активация поверхности частиц. Чтобы древесная пыль случайно не загорелась, все процессы проводят в углекислом газе, благо клостридии и его выделяют в большом количестве.

## Расставание с лигнином

После мельницы порошок попадает в реактор, где его обрабатывают ферментами. Их задача — освободить целлюлозу от лигнина, расщепив ее на составляющие сахара. Дело в том, что древесное волокно построено из двух полимеров. Один из них — полисахарид целлюлоза. Второй — лигнин, нерегулярный полимер, состоящий из остатков замещенных фенилспиртов. Он входит в состав клеточных стенок и, располагаясь в межклеточном пространстве, скрепляет целлюлозные волокна. Чтобы разделить полимеры, прежде использовали гидролиз целлюлозы в присутствии неорганических кислот (вспомним упомянутые выше горы обугленного лигнина).

Создатели биобутанольного производства решили не идти по этому проверенному пути, ведь хотелось получить безотходную технологию, то есть выделять лигнин в такой форме, чтобы его потом можно было использовать. Для этого применили альтернативный способ гидролиза целлюлозы, а именно ферментативный. В общем-то давно было известно, что ферменты грибов неплохо справляются с гидролизом, после чего сахара практически полностью переходят в раствор. Ученые из МГУ им. М.В.Ломоносова во главе с профессором А.П.Синициным научились получать очень эффективные ферменты, и процесс разделения частиц мелко намолотой древесины на лигнин и сахар стал достаточно полным и быстрым, чтобы и на этом этапе не тормозить непрерывную переработку древесины в биотопливо.



Так выглядит типичная частица измельченной древесины в лазерном фазовом микроскопе (МИРЭА)

Лигнин выпадает в осадок, и после отделения от раствора сахара из каждой тонны древесины получается 400 кг светлого порошка, который обладает ценным качеством — он не гниет. Поэтому из него получают древесные плиты, стойкие к воздействию внешней среды. Другое применение — искусственные дрова, так называемые пеллеты. По теплотворной способности топливные пеллеты превосходят дерево, поэтому их считают лучшим биотопливом для каминов, тем более что горят они почти без дыма, золы и выделяют при горении мало вредных веществ. Опять же это возобновляемый ресурс.

## Сахар для клостридий и дрожжей

После отделения лигнина получается раствор сахаров. Целлюлоза дает две разновидности — глюкозу с шестью атомами углерода и ксилозу с пятью атомами. Это еще одна причина, по которой из древесины выгодно получать именно бутанол, а не этанол: дрожжи не умеют работать с ксилозой и она теряется. А клостридии употребляют и глюкозу, и ксилозу. В ферментере они превращают большую часть сахаров в бутанол, а меньшую — в ацетон и этанол. Жидкость постепенно перемещается из одного ферментера в другой, по дороге из нее извлекают спирты и ацетон. Концентрация сахаров постепенно убывает, пока, наконец, в последнем ферментере не станет предельно малой. После этого бактерии возвращают-



«Бутанол. Ни с чем по запаху его не спутаешь», — размышляет генеральный директор ОАО «Корпорация Биотехнологии» П.С.Каньгин

ся в начало процесса и либо снова начинают перерабатывать сахара, либо погибают и служат питанием для других бактерий. Попутно получаются углекислый газ и водород. Это отнюдь не отходы. Первый из них требуется для создания безопасной атмосферы при размолу дерева. Кроме того, этот газ используют во многих отраслях промышленности, поэтому его надо собрать, сжать и отправить потребителям. Водород перевозить на большие расстояния сложно, поскольку он слишком легкий и взрывоопасен. Однако его можно использовать непосредственно на месте: сначала как горючее, а в будущем — например, для получения электроэнергии в установке, совмещающей высокотемпературный топливный элемент и паровую турбину.

Что же касается не переработанного клостридиями сахара, то он идет на производство кормовых дрожжей, благо соответствующий участок на Тулунском заводе уже имеется. По питательным свойствам 0,5 кг дрожжей сравнимы с килограммом мяса, тремя десятками яиц или четырьмя литрами молока, причем белок, синтезируемый дрожжами, переваривается в организме животных на 95%. Поэтому дрожжи всегда останутся отличной добавкой к кормам. Даже если нефть станет бесплатной и не будет потребности в биобутаноле, завод вполне может работать, превращая лесной сахар в кормовую белок и продавая его сельскохозяйственным предприятиям либо в родной области, либо в Китай и Индию, у которых потребность в белковых кормах велика, а крестьяне более кредитоспособны, чем в России.

## Бутанол в бензобак

И вот, в конце концов, из крана, который находится в конце технологической цепочки, потек бутанол. Что с ним делать дальше? Есть два пути. Первый — использовать по прямому назначению, то есть в качестве растворителя. Второй — моторное



Колбу с первым биобутанолом показывает гостям зам. директора «ГосНИИсинтезбелка» Е.Р.Давидов, научный руководитель проекта



Главный технолог завода С.Ю.Новожилова лично заливает первый биобутанол в бензобак автомобиля

топливо. Совсем недавно, летом 2008 года, когда цены на нефть достигли максимума, биобутанол оказался дешевле бензина, с чем, собственно, и было связано столь быстрое освоение этого проекта.

Именно так и распорядились полученным на заводе первым бутанолом: его залили в бензобаки специально для этого проекта купленных автомобилей «Лада-Калина». В один — 10%-ный раствор бутанола в бензине, в другой — 20%-ный, а в третий, для контроля, — чистый бензин. Все автомобили доехали от Тулуна до Тольятти, где заводские техники провели диагностику и никаких неприятностей от поездки на новом виде топлива не отметили. Водители же отметили следующий курьезный факт: биобутанол пахнет приятнее, чем синтетический. Видимо, какие-то ароматические вещества древесины прошли сквозь всю технологическую цепочку и скрасили запах сивухи. Аналогичная история, кстати, происходит и с биодизелем, который пахнет жареными пирожками.

Что же дальше? Опытную установку на заводе запустили 12 сентября 2008 года к очередному Байкальскому экономическому форуму, получили 500 литров биобутанола и снова законсервировали, чтобы проанализировать результаты ее работы и начать разработку проектной документации. Завод, как и намечалось изначально, станет опытным производством. На нем будут отрабатывать разные технологические схемы, чтобы спроектировать и пустить еще несколько подобных заводов разной мощности. Такой завод, работая на дереве, сможет обеспечить потребности региона в топливе и сделать его независимым от поставок нефтепродуктов.

Впрочем, у биобутанола, при производстве которого получается немало побочных продуктов, имеющих коммерческую ценность, есть шанс оказаться сильным соперником бензина: для этого нужно грамотно продать все эти продукты, обеспечивая общую рентабельность предприятия. А при наличии европейского опыта кардинального изменения экономической стороны дела с помощью разного рода дотаций, этот вид топлива выглядит весьма привлекательно: достаточно одного губернаторского распоряжения по борьбе с загрязнением атмосферы продуктами сгорания бензина — и биобутанол окажется востребованным на региональном рынке.

Кроме того, наряду с упомянутыми в начале статьи мыслями скандинавов о топливном использовании леса, полезно вспомнить и общеевропейские программы вроде «Евротополь», «Евроива» и «Евробамбук», нацеленные на возделывание быстрорастущих видов деревьев и трав для энергетических целей. Производство биобутанола четко вписывается в эти программы. Во всяком случае, все хитрости отечественной биобутанольной технологии запатентованы, и она вполне может стать предметом импорта в экологически озабоченную Европу, если будет ненужной в богатом нефтью отечестве.

## Бутанольная экономика



КАЛЬКУЛЯТОР

Из одной тонны сухой хвойной древесины получают 0,5 т сахаров, 0,4 т лигнина, 50 кг воды, 20–30 кг смолы. Из сахаров по классической схеме выходит 14 кг этанола, 40 кг ацетона, 100 кг бутанола, 220 кг  $\text{CO}_2$  и 0,5 кг  $\text{H}_2$ . Много это или мало? Сколько леса потребуется переработать, если возникнет задача перевести транспорт на возобновляемое топливо?

Выход древесины с одного гектара составляет от 200 до 900  $\text{м}^3$ . Примем среднее — 550  $\text{м}^3$ . Плотность сухой древесины сосны составляет 500  $\text{кг}/\text{м}^3$ . То есть с гектара леса получится 225 т сухой древесины. Она даст 22,5 т бутанола и 3,2 т этанола.

Чтобы удовлетворить годовую потребность РФ в топливе, а это 25 млн. т бензина, надо извести на моторное топливо 1,1 млн. га леса в год, или 88 млн. га за те 80 лет, что лес достигает зрелости. Это 8,8% общей площади лесов РФ. Число вполне разумное; освоение такой площади в течение десятилетий не угрожает разрушением среды обитания человека. В случае интенсивных методов лесного хозяйства — применение удобрений, ядохимикатов и сверхбыстрорастущих деревьев, полученных методом генетического модифицирования — площадь леса, необходимого для обеспечения всей страны альтернативным топливом, еще сократится.

Таким образом, леса оказываются гораздо более реальным источником альтернативного топлива, нежели, скажем, зерновые культуры. Напомним, что согласно предыдущему расчету (см. «Химию и жизнь», 2008, № 5) для того, чтобы обеспечить потребность Украины в биодизеле, нужно засеять рапсом треть ее зернового клина и возделывать его весьма интенсивно, на уровне рекордной урожайности. Соответственно на изготовление из пшеницы этанола для замены бензина пойдет еще одна треть, и тогда на выращивание пищи места почти не останется.

В южных районах выращивание на топливо деревьев-медоносов вроде липы дает возможность получить дополнительный доход от сбора меда. В северных же районах при комплексном лесном хозяйстве доход от сбора грибов и ягод сравним с тем, что получается при использовании древесины.

Попутно с бутанолом ежегодно будет получено 99 млн. т лигнина, или более чем по тонне топлива на каждую семью в РФ, а также 123 тыс. т водорода, что соответствует дополнительным 243 млн. л бензина. Этот водород можно использовать как моторное топливо (если его удастся перевезти от места производства) либо превратить с помощью топливных элементов и тепловых турбин в 4 МВт·ч электроэнергии. Есть еще и 10 млн. т ацетона. Это вещество обычно используют в качестве растворителя, причем мировое его производство в 1980 году составляло 3 млн. т в год. Видимо, огромное количество ацетона, выработанного кластридиями при производстве биобутанола, станет сырьем для новых направлений химической промышленности.

Ф.Манилов



# Долголетие как побочный эффект

Л. Стрельникова

*Обри ди Грей, известный биогеронтолог 46 лет из Кембриджа, — весьма экстравагантный персонаж. Своей бородой по пояс и фантастическими идеями он изумил публику, когда приехал в Москву в начале марта по приглашению российского фонда «Наука за продление жизни», чтобы прочесть публичные лекции, встретиться с учеными и журналистами и наметить стратегию сотрудничества с российским фондом. «А он не того?» — подозрительно спросила меня коллега из крупного информационного агентства и покрутила пальцем у виска. Нет, он совсем «не того», напротив: ясный ум, безупречная логика, отличная речь, блестящая реакция на вопросы, доброжелательное и уважительное отношение к собеседнику. Это человек, с которым хочется разговаривать. Правда, говорит он о вещах сказочных, о долгой жизни без болезней, об отсрочке старения на неопределенный срок. «Честь безумцу, который навеет человечеству сон золотой», — усмехнетесь вы. Но уж такой ли это и сон? Мы то с вами знаем — только ставя перед собой невозможные задачи, можно добиться успеха. И что-то подсказывает мне, что оптимист Ди Грей станет победителем.*

## Смерть — это так естественно?

Человек рождается, чтобы в конце концов умереть. Таков привычный порядок вещей, не нами заведенный. Однако лишь редкие счастливицы умирают естественной смертью — тихо, во сне, когда сердце останавливается просто потому, что тело исчерпало свой ресурс, сносилось. Останавливается, как часы на стене. Большинство же на финишной прямой попадают во власть тяжелых заболеваний — старческого слабоумия, рака, инсульта, инфаркта и прочих. Эти болезни, развивающиеся как результат старения, заставляют страдать и омрачают уход в мир иной.

«Я борец и никогда не смирюсь со старением, даже если битва покажется проигранной. Но, понятно, трудно ожидать такого от каждого», — говорит Ди Грей. И действительно, отношение людей к старению и долголетию удивительно единодушно. Поспрашивайте своих знакомых и друзей, и вы убедитесь, что большинство не хотели бы жить 150—200 лет, не говоря уже о большем сроке. Почему? Да потому, что бу-



дет перенаселение, на Земле не хватит ни места, ни ресурсов и появится куча других проблем. И вообще, так долго жить неестественно, природа отмерила срок человеческой жизни, и ей невозможно противостоять.

А кто сказал, что человек должен жить 100—120 лет, не больше? Обычно здесь оппоненты ссылаются на Библию. Действительно, указание на это можно найти в Книге Бытия (глава 6, стих 4): «И сказал Господь [Бог]: не вечно Духу Моему быть пренебрегаемым человеками [сими], потому что они плоть; пусть будут дни их сто двадцать лет». Однако в Священном Писании можно найти и другие указания. В пятой главе Книги Бытия, где перечисляются патриархи от Адама до Ноя, названы их сроки жизни, по нашим меркам фантастические, вплоть до Мафусаиловых 969 лет. Куда дольше 120 лет жили и потомки праведного Ноя. Что же касается научного подхода, то геронтологи не могут рассчитать теоретически возможную продолжительность жизни. Они только фиксируют статистические данные о долгожителях.

Рекорд пока принадлежит француженке Жанне Кальман (Jeanne Calment, 1875—1997), которая прожила 122 года и 164 дня.

Но вот что интересно. Те же наши собеседники в подавляющем большинстве не хотят стареть. Таких людей в России, согласно опросам 2008 года, более 70%. Как говорит Ди Грей, «никому не нравится дряхлеть, да еще знать, что другие это замечают». Преуспевающая индустрия всяческих средств от старения различной эффективности подтверждает это. Более того, люди единогласно проголосуют за скорейшее избавление человечества от рака, инсульта, диабета, болезни Альцгеймера, ишемической болезни сердца и прочих недугов, которые часто становятся причиной смерти. Но ведь полная победа над этими болезнями, как в свое время над инфекционными, не только избавит нас от страданий, но неизбежно продлит жизнь. Где же логика?

«Есть очень простая причина, почему люди столь усердно защищают старение, — говорит Ди Грей. — До последнего времени ученые не предлагали сколько-нибудь внятных концепций борьбы со старением, а значит, оно было совершенно неизбежным. А когда человек сталкивается с неизбежностью, причем такой ужасающей, как старение, с которой он ничего не может поделать ни для себя, ни для других, наилучший психологический способ справиться с неразрешимой задачей — это попросту выкинуть ее из головы, хотя бы ради собственного спокойствия, и не тратить драгоценное время своей убийственно короткой жизни на бесплодные измышления».

## Возможно ли это в принципе?

А так ли уж бесплодны эти измышления? Можно ли противостоять процессам старения и обратить их вспять? «Первый и наиболее известный способ отсрочить старение был открыт еще в 1930-е годы Клайвом Маккеем в экспериментах с мышами, — пишет Ди Грей. — Этот способ называют ограничением калорийности рациона, или иногда энергетической или пищевой рестрикцией. Принцип тут очень простой: если давать грызунам (или другим животным) несколько меньше корма, чем им хочется съесть, то они живут дольше, чем если бы ели «от пуза». Дело не в том, что животные, дай им волю, переедают и приобретают лишний вес: и те особи, которые сами по себе употребляют умеренное количество пищи, сохраняя постоянную массу тела на протяжении большей части своей жизни, тоже живут дольше, когда получают меньше корма.

Следующий шаг на пути к отсрочке старения совершил генетик Том Джонсон, экспериментировавший с круглым червем *Caenorhabditis elegans*. Он и его сотрудники обнаружили и изучили один ген, который сам по себе, без какого бы то ни было отбора со стороны экспериментатора, обеспечивал по меньшей мере 50%-ное продление периода зрелости у *Caenorhabditis elegans*. Группе Синтии Кеньон в Калифорнийском университете в Сан-Франциско удалось идентифицировать мутацию в другом гене *Caenorhabditis elegans*, продлившую жизнь еще больше, чем в опытах Джонсона и его коллег». Возможно, удастся найти аналогичные гены и для млекопитающих и тогда генная терапия старения станет реальностью? Можно внедрить «гены долгожительства» в половые клетки особи, так что соответствующий признак появится лишь у ее потомков либо в соматические клетки — тогда эффект проявится уже у самой этой особи. Соматическая генная терапия применительно к людям делает еще только первые шаги. Но есть причины считать, что рано или поздно этот подход дойдет до практического уровня.

«Мутации, обнаруженные Джонсоном и Кеньон, затрагивали разные гены, но эти гены участвовали, по сути, в од-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ной и той же области процессов обмена веществ, — пишет Ди Грей. — В частности, они способствовали реализации альтернативного хода развития нормальных немутантных особей. Когда личинка нематоды следует по этому пути, ее развитие задерживается на время, которое может намного превышать продолжительность всей жизни особи, развивающейся по нормальному типу (см. «Химию и жизнь», 2009, № 4). Что определяет выбор того или иного пути? Что направляет развитие по нормальному пути — к достижению зрелости? Оказывается, переключателем служит голодание, а выход из этого состояния инициируется наличием пищи. Это экстремальный вариант реакции на ограничение калорийности рациона, наблюдаемой у грызунов».

После открытия Джонсона и Кеньон были обнаружены многие другие мутации — не только у нематод, но и у плодовых мушек, и у мышей, — которые увеличивали продолжительность жизни, и почти все эти мутации также были связаны с чувствительностью к пище или метаболизмом питательных веществ. Как правило, мутационная отсрочка старения получалась такая же, как вызываемая просто ограничением потребления калорий.

Мышки, мушки, черви — это, конечно, не люди. И те технологии, которые работают для животных с короткой жизнью, могут не подойти для человека. Хотя даже из общих соображений понятно, что переедать вредно. А известный питерский хирург Федор Углов, доживший до 104 лет, не раз говорил, что для активного долголетия надо всеми силами стараться сохранять постоянный вес тела. Однако сейчас речь о другом. Мы убедились, что отложить старение на значительный срок в принципе можно. Пускай пока это лабораторные эксперименты с животными, уже не кажется нереальной возможностью добиться того же применительно к человеку в не слишком далеком будущем.

## Мы пойдем другим путем

Старение для науки — тема не новая. Традиционно ею занимаются геронтологи и гериатры. Первые пытаются понять причины старения, распутать клубок взаимосвязанных биохимических процессов и на основании этого сформулировать профилактические меры. Гериатры имеют дело уже с последствиями старения — возрастными заболеваниями, перенесенными выше. Их задача — облегчить страдания пациентов, отвоювать у смерти еще несколько месяцев или лет.

«Десятки лет мои коллеги и я честно изучали старение в том же духе, в каком историки изучают, скажем, Первую мировую войну: перед нами безнадежно сложная историческая трагедия, о которой можно размышлять и спорить, но с которой ничего нельзя поделать. Под прессом глубоко укоренившегося убеждения в том, что старение «естественно и неизбежно», биogerонтология отгородилась от остальных медико-биологических областей, оставшись в благоговейном ужасе перед сложностью изучаемого феномена», — пишет Ди Грей.

По-хорошему, чтобы победить старение, надо взять под полный контроль все потенциально опасные метаболические

*Обри Ди Грей называет семь групп основных повреждений в организме, вызывающих старение*

процессы, приводящие к старению, да еще в каждом случае подбирать индивидуальное лечение, ведь метаболизм каждого из нас так же уникален, как геном. Но для этого надо знать все тонкости биохимии человека, понимать, что причина, а что следствие в этой сложнейшей системе. А мы пока слишком далеки от полного понимания. При таком подходе, считает Ди Грей, борьба со старением будет напоминать схватку с гидрой: отсекаешь пару голов, а на их месте неожиданно появляются новые. «Нормальный метаболизм представляет собой столь сложное тонко сбалансированное переплетение химических реакций, что, затронув какой-то один процесс, неизбежно вызовешь изменение во всей системе, которое создаст новые осложнения или сведет на нет достигнутый эффект противодействием стабилизирующих механизмов. Например, хроническое воспаление ведет к клеточным нарушениям и повреждениям, но вмешательство в воспалительную реакцию может расстроить иммунную защиту от патогенных агентов. Свободные радикалы (побочный продукт нормального обмена веществ) вызывают окислительный стресс и со временем повреждение тканей. Но если для защиты от свободных радикалов искусственным образом активировать антиоксиданты, это поможет раковым клеткам защищаться от химиотерапевтических препаратов.

Многие мои коллеги предпринимали попытки сократить образование свободных радикалов, считая это наилучшим способом замедлить развитие нарушений, связанных со старением. Но на деле мудрено достигнуть этого, не нарушая механизмов жизнеобеспечения организма. Кроме того, свободные радикалы образуются в основном в митохондриях в процессе синтеза АТФ за счет извлекаемой из пищи энергии, и какие бы то ни было воздействия на этот ключевой участок обмена веществ неизбежно породят побочные эффекты».

Ди Грей считает, что гериатры кое в чем перегнали геронтологов, потому что гериатрия использует уже имеющиеся медицинские технологии. Почему они могут, а геронтологи нет? «Чтобы ликвидировать проблему, необязательно знать, как она возникла. Работнику автосервиса все равно, какая такая ржавчина проела бензобак или каких размеров был камень, разбивший ветровое стекло — вышедшую из строя деталь надо заменить, и все. Аналогичным образом врачу-гериатру нет нужды разбираться в свободнорадикальных процессах или обмене холестерина, чтобы лечить сердечно-сосудистые заболевания или диабет. А вот для предотвращения коррозии или повреждений ветрового стекла требуется тщательно проанализировать побочные эффекты плохой уборки проезжей части дорог и посыпания ее солью; точно так же геронтологам для того, чтобы на практике следовать принципу «профилактика лучше лечения», нужно много знать о тонких и скрытых причинно-следственных связях в обмене веществ».



Итак, перед нами два альтернативных подхода к отсрочке старения — профилактической (геронтология) и терапевтической (гериатрия). По какому же пути надо идти? Если гериатрия терпит фиаско, поскольку профилактика лучше лечения, а геронтология — потому что наши знания о механизмах обмена веществ очень ограничены, то не лучшей ли окажется третья, промежуточная цель? Какая же? «Для вмешательства в старение не требуется исчерпывающего понимания мириад взаимодействующих процессов, дающих свой вклад в старящиеся нарушения. Чтобы разработать терапевтический подход, нужно лишь понять, в чем состоит само старящее нарушение, то есть выяснить, какие молекулярные клеточные дефекты нарушают структуру и функции тканевой организации. Как только до меня дошла эта простая истина, стало ясно, что мы гораздо ближе, чем могло показаться, к реальным решениям, трактующим старение как медико-биологическую проблему, которая поддается терапевтическому вмешательству и лечению».

## **Семь мишеней для инженерного подхода**

Стратегию борьбы со старением Обри ди Грей сформулировал в июне 2000 года, назвав ее SENS — «Стратегия достижения пренебрежимого старения инженерными методами» (Strategies for Engineered Negligible Senescence). В ее основе — инженерный подход к отсрочке старения. Мишень — нарушения в организме, которые неизбежно появляются и накапливаются с возрастом и вызывают возрастные заболевания. Задача — ликвидировать нарушение, когда оно уже возникло, но прежде, чем оно выйдет из-под контроля. Такое техническое обслуживание организма с помощью новейших медицинских технологий будет иметь побочный эффект — долгую жизнь. Причем не только долгую, но и молодую, и активную, и полноценную.

Обри ди Грей выделяет семь основных типов молекулярных и клеточных повреждений, вызывающих старение организма. Все они были открыты в течение XX века, и вот уже почти 30 лет их перечень не пополняется и не расширяется. Поэтому можно надеяться, что они достаточно полно описывают феномен старения. Итак, начнем по порядку.





*Сегодня абсолютный рекорд по продолжительности жизни принадлежит мышши (на фото справа), созданной Анджеем Бартке — эндокринологом из Медицинской школы университета Южного Иллинойса (США). Его мышшь не дожидая всего лишь шести дней до своего пятилетия и умерла в возрасте 1819 дней*

С возрастом в организме накапливается внеклеточный мусор (этот фактор старения известен с 1906 года, когда Алоис Альцгеймер впервые описал образование амилоидных бляшек в мозгу при болезни, впоследствии названной его именем). Это материал, не выполняющий какой-либо функции, но очень устойчивый к разрушению. Мусор можно удалить, если активировать иммунную систему с помощью вакцин. Есть и другой потенциальный подход — использовать небольшие молекулы, например короткие пептиды, которые проникают в бляшку и нарушают ее структурную целостность.

Мусор накапливается не только вне клеток, но и внутри них (1959). Как правило, это фрагменты молекул, не поддающиеся дальнейшей утилизации. Неделаящиеся клетки постепенно наполняются этим мусором. Особенно страдают клетки сердца, глаз, нервные клетки и лейкоциты, запертые в артериальной стенке. В конце концов мусор переполняет клетки, и они перестают нормально работать. Как результат — старческая слепота или, например, инфаркты и параличи, когда разбухшие бугорки в артериальной стенке лопаются. Как избавиться от этого мусора? Можно привнести в клетки дополнительные ферменты, чтобы они утилизировали мусор. А можно внедрить в клетку гены почвенных бактерий, которые способны утилизировать практически все. Можно генетически модифицировать лейкоциты, которые продуцируются в костном мозге, или же произвести аналогичную операцию со стволовыми клетками, а затем ввести их людям в костный мозг в виде трансплантата.

Третий клеточный фактор старения — так называемые внеклеточные поперечные сшивки (1981). Белки, которые обеспечивают тканям эластичность, хрусталику — прозрачность, а связкам — прочность, со временем образуют перекрестные межклеточные связи, как будто сшиваются. В результате ткани, в том числе сосуды, хрусталик, связки, теряют эластичность, а дальше — повышенное давление, ухудшение зрения, снижение подвижности. Как с этим бороться? Потенциально можно создать такие безвредные для организма вещества, которые будут разрушать перекрестные связи, возвращая соединительным тканям эластичность и прочность, а хрусталику прозрачность.

Разумеется, с возрастом гибнут и атрофируются клетки (1955). К сожалению, это происходит не только в мышцах, но и в тканях сердца и мозга. Иногда освободившееся место заполняется фиброзным бесклеточным материалом либо разросшимися в объеме клетками ткани. А мышечная ткань, как правило, просто сжимается, вызывая старческую дистрофию. Как с этим быть? Можно стимулировать деление клеток естественным образом, например — с помощью физкультуры. Кстати, регулярные занятия физкультурой, несомненно, поддержат ваше здоровье и продлят жизнь. Другой способ — вводить в организм фактор роста — вызовет сопротивление системы противораковой защиты. Но есть еще и третий способ — стволовая клеточная терапия, с помощью которой можно восполнить утрату нужных нам клеток.

Клетки не только атрофируются и погибают, но и стареют (1965). Стареют и накапливаются в организме, например в суставных хрящах, и это опасно, потому что такие скопления выделяют ненормально большое количество некоторых токсичных белков. Эти клетки надо убирать из организма. Есть еще два типа ненужных нам клеток, накапливающихся с возрастом и опасных. Во-первых, жировые клетки, разрастающиеся и замещающие мышечную ткань. Особенно опасно накопление так называемого висцерального жира в брюшной полости: он снижает чувствительность наших клеток и мышц к сигналам, необходимым для усвоения сахара из крови, что приводит к диабету второго типа. Поэтому необходимо всеми способами избавляться от избыточного веса. Еще одна группа ненужных клеток — иммунные клетки, у которых из-за повреждения ДНК остановилось размножение. Это балласт, от которого надо избавляться. Как? Например, можно вызвать апоптоз клеток (стимулировать их самоубийство) или сформировать адресный иммунный ответ, чтобы организм сам избавился от них.

Есть еще две группы факторов старения — генетических: хромосомные мутации (1959/1982) и мутации в митохондриях (1972). Обри ди Грей считает, что возможно предотвратить хромосомные мутации вместо того, чтобы исправлять их. Все, что нужно, — это создать средство, предотвращающее удлинение теломер в клетках организма. Это же средство будет эффективным лекарством от рака. Обри ди Грей предлагает полностью устранить из всех клеток, которые могут делиться, гены для синтеза теломеразы и ALT-гены (альтернативный механизм удаления теломер). Тогда придется раз в десять лет заменять все популяции стволовых клеток в организме новыми. Теломеры в них будут восстановлены, а собственной теломеразы или ALT-генов в этих клетках не будет. Поэтому они смогут поддерживать ткани сколь угодно долго, а риск возникновения рака будет исключен.

Что же касается митохондрий, то здесь Ди Грей предлагает иной подход. Митохондрии, эти внутриклеточные энергетические станции, имеют собственный геном и синтезируют собственные белки. Поскольку митохондрии работают на самом горячем участке в клетке — извлекают энергию из пищи, то они более всего подвержены повреждениями, в том числе и свободными радикалами, образующимися в результате извлечения энергии из пищевых веществ. А мутации в митохондриях могут привести к тому, что они перестанут рабо-

*Михаил Батин, председатель совета попечителей фонда «Наука за продление жизни», и Обри ди Грей, научный руководитель «Фонда Мафусаила», договорились о сотрудничестве*

тать, со всеми вытекающими неприятными последствиями. Обри ди Грей считает, что мутации в митохондриях также можно исключить, если копии генов митохондрии внедрить в хромосомы ядра. Этот резерв будет надежно защищен в ядре клетки и скомпенсирует митохондриям недостачу тех белков, которые она не сможет синтезировать для себя из-за мутаций в своей ДНК. Кстати, у современных животных многие гены митохондриальных белков уже находятся в ядре, так что перенесение туда остальных будет всего лишь еще одним шагом на пути эволюции.

На самом деле ничего принципиально невозможного в таком техническом подходе к обслуживанию организма нет. Обри ди Грей считает, что научные и медицинские разработки совершенствуются быстрее, чем накапливаются повреждения в организме. Поэтому мы можем просто «убежать» от старения. Как только станет доступно первое поколение терапии, люди получат еще 20–30 дополнительных лет здоровой жизни. А за это выигранное время появится новое поколение еще более совершенных методов и так далее. Так, постепенно отвоевывая годы у смерти, новые поколения людей будут жить дольше и дольше.

Разумеется, сначала все медицинские технологии починки и омоложения организма будут отработаны на лабораторных животных. На это уйдет лет 10–15. Затем придет очередь первых пациентов, которыми станут немолодые люди, успевшие накопить возрастные изменения. Первая инженерная терапия подарит первым пациентам лет тридцать. А за это время появятся новые технологии, которые при следующей итерации продлят пациенту жизнь еще на изрядный срок. «С вероятностью 10%, — говорит Ди Грей, — человек, который первым отметит свое 150-летие, уже сегодня живет среди нас, и ему 60 лет. А первый 1000-летний человек может оказаться всего на двадцать лет младше первого 150-летнего».

«Как я думаю, при достаточных научных данных можно ожидать, что с вероятностью 50% в ближайшие 25–30 лет (с разумными допусками на совершенствование технологий) будут разработаны методы, позволяющие прекратить угнетение от старения в любом возрасте, аналогично нынешней противовирусной терапии СПИДа. Здесь важно сделать предостережение. Во-первых, я говорю лишь о 50%-ной вероятности. Любое предсказание относительно технологий на 25–30 лет вперед весьма спекулятивно; спросите меня, когда можно ожидать 90%-ной вероятности победы над старением, и я, пожалуй, не поручусь за срок и в сотню лет. Но ведь шансы 50/50 не такие уж и плохие, не правда ли? Вторая оговорка: старение не будет полностью побеждено пер-



воначальными вариантами новых методов — их надо будет совершенствовать, чтобы удержать старение в узде».

«Ну, это уж слишком! Это невозможно!» — воскликнет искушенный читатель. Да, это выглядит фантастично. А разве полет на Луну в начале прошлого века не выглядел безумной идеей? Биолог Джон Холдейн как-то сказал: «Есть четыре стадии в принятии новой идеи: 1) это бесполезная чепуха, 2) это интересная, но ошибочная точка зрения, 3) это верно, но не очень важно, 4) я всегда это утверждал». Видимо, идея Ди Грея сейчас находится между первой и второй стадией.

## Только вместе

Предлагаемая доктором Ди Греем программа SENS — первый и пока единственный в мировой науке системного наступления на старение, план значительного увеличения продолжительности нашей жизни, причем именно активной и здоровой жизни, а в перспективе — достижения неограниченной продолжительности жизни.

«Мой план борьбы со старением неосуществим без упорной работы множества ученых — как в области биogerонтологии, так и в других сферах биологии и медицины», — пишет Ди Грей. Действительно, проблема старения — междисциплинарная, затрагивающая интересы самых разных специалистов — биологов, генетиков, биохимиков, медиков, инженеров, системщиков и т.д. И не символично ли, что человек как объект исследования станет тем центром, который объединит науки? К программе SENS уже присоединились десятки крупнейших ученых из разных стран.

Конечно, самое узкое место в этом плане — деньги. Без них ничего не получится, потому что широкомасштабные исследования и разработка технологий в разных лабораториях мира требуют изрядного и постоянного финансирования.

А для этого надо убеждать людей в значимости и безусловной полезности затеи. «Я ученый и в идеальном мире только бы и занимался разработкой новых технологий для борьбы со старением. Я бы не тратил время на пиар — интервью, публичные лекции и писание книг. Но нынешнее отношение людей к старению вынуждает меня сменить приоритеты... В настоящее время скорость прогресса на большинстве направлений исследований, необходимых для победы над старением, ограничена финансовыми возможностями. Если вы способны помочь — своими ли деньгами или убеждением раскошелиться ваших знакомых, выступлениями в средствах массовой информации, — вы сделаете не меньше, чем если бы сами участвовали в научной работе».

Надо сказать, что как организатор науки Ди Грей тоже весьма продуктивен. В 2003 году он участвовал в создании Фонда Мафусаила (the Methuselah Foundation), который теперь возглавляет в качестве председателя и научного руководителя. Эта медицинская неправительственная организация ищет средства и финансирует исследования, направленные на продление жизни человека. Фонд, названный в честь библейского патриарха Мафусаила, который прославился своим долголетием, пополняется за счет взносов Группы трехсот, основавшей фонд. Члены Группы трехсот обязались внести в Фонд Мафусаила по тысяче долларов ежегодно в течение 25 лет. Среди учредителей Фонда — Вильям Хэзелтайн (William Haseltine), на протяжении многих лет возглавлявший компанию Human Genome Science, занимавшуюся расшифровкой генома человека. Входит в Группу трехсот и Рэй Курцвейл (Ray Kurzweil) — известный изобретатель и футуролог, соавтор книги «Фантастическое путешествие. Проживи достаточно долго, чтобы жить вечно».

Группа трехсот объединяет самых разных людей: ученых, студентов, бизнесменов, менеджеров, домохозяйек... Их имена перечислены на официальном сайте Фонда Мафусаила. Есть у фонда и анонимные спонсоры. Максимальный анонимный взнос составил миллион долларов! Чек на миллион долларов поступил в адрес фонда по почте, имя его отправителя остается неизвестным до сих пор. Помимо Группы трехсот у Фонда Мафусаила есть и другие помощники — люди, которые делают разовые взносы. И не важно, каков их размер — пять долларов или пять тысяч.

Фонд объявил конкурс лабораторных мышей-долгожителей. Ученый, разработавший наиболее эффективную методику продления жизни и улучшения ее качества, получит M-prize (Приз «Мышь Мафусаила») в миллион долларов.

Два вида научных достижений способны получить M-prize. «Приз за долговечность» (Longevity Prize) присуждается за максимальную продолжительность мышиной жизни. При этом способ, которым достигается долголетие, значения не имеет. Мыши-долгожители могут быть выведены методами селекции и генной инженерии. Главное, чтобы модифицированная мышь сохранила физическое и душевное здоровье. Как только одна из мышей побьет рекорд своей предшественницы, ее создатель получает «промежуточный» приз.

«Приз за омоложение» (Rejuvenation Prize) присуждается ученому, который сможет продлить жизнь обычных мышей. В эксперименте участвует группа из 40 мышей (20 — опытная группа и 20 — контрольная группа). Оценивается средняя продолжительность жизни мышей, к которым применяли одни и те же методы продления жизни. Причем воздействие на лабораторных животных по условиям эксперимента можно начинать лишь после того, как контрольная группа мышей доживет до середины своей жизни. В экспериментах участвует вид *Mus musculus* (мышь домовая), средняя продолжительность жизни которого составляет два года.

В начале 2000 года ученые из Медицинской школы Университета Мичиган (США) создали мышь Йоду (Yoda), прожив-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

шую больше четырех лет — вдвое дольше, чем обычная лабораторная мышь. Своим долголетием грызун был обязан генетической модификации, которую провели ученые. Изменения затронули гипофиз, щитовидную и поджелудочную железы мышонка, в результате чего в его организме стало вырабатываться меньше инсулина. Из-за нарушений продукции гормонов Йода был в три раза меньше своих собратьев и весьма чувствителен к холоду, однако до конца своих дней отличался удивительной подвижностью и сексуальной активностью.

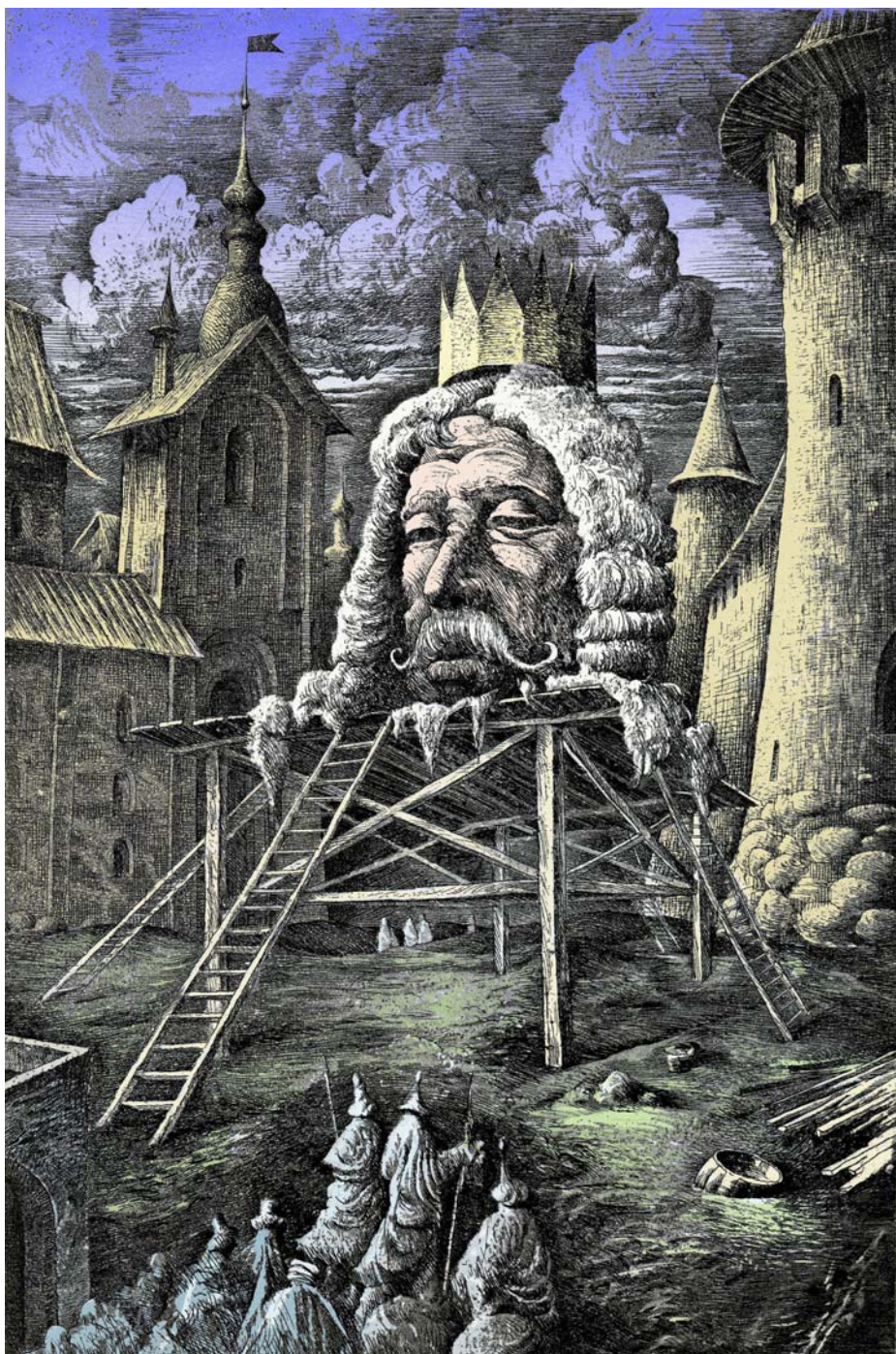
Сегодня абсолютный рекорд по продолжительности жизни принадлежит мыши с необычным именем GHR-KO 11C, созданной Анджеем Бартке (Andrzej Bartke) — эндокринологом из Медицинской школы Университета Южного Иллинойса, расположенной в Спрингфилде (США). Его мышь не дождала всего лишь шести дней до своего пятилетия и умерла в возрасте 1819 дней. У этого грызуна-долгожителя был отключен ген рецептора гормона роста. В 2003 году Анджей Бартке получил Longevity Prize.

Первый приз за омоложение группы мышей (Rejuvenation Prize) достался в 2004 году Стивену Спиндлеру (Stephen Spindler) — профессору биохимии из Калифорнийского университета в Риверсайде (США). С помощью ограничения калорийности питания грызунов он замедлил процессы старения у группы лабораторных мышей. Шесть из них в среднем прожили 1356 дней (примерно 3,5 года). Поражительный результат эксперимента заключается не столько в продлении жизни мышей, сколько в заметном улучшении ее качества: мыши не только не старели, но, наоборот, становились моложе.

У Обри ди Грея есть партнеры и в России. В 2008 году создан российский благотворительный фонд «Наука за продление жизни». Цель фонда — добиваться серьезного увеличения финансирования государством и крупным бизнесом научных исследований в области фундаментальной медицины и геронтологии, биофизики, биохимии, генетики, физиологии и других наук, направленных на изучение механизмов старения и поиск методов увеличения продолжительности жизни человека. Но об этом мы подробно расскажем в следующих выпусках журнала. Вообще, тема активного долголетия и отсрочки старения теперь будет постоянно присутствовать на страницах «Химии и жизни».

*Статья подготовлена по материалам беседы с Обри ди Греем, его книги "Отменить старение" (Ending Aging) и книги М.Батина "Лекарства от старости"*





# Размышления о концепции здорового старения

Кандидат биологических наук  
**В.В. Мальцева,**  
доктор биологических наук  
**А.А. Болдырев**

**К**ак говорил английский геронтолог Александр Комфорт, разницу между старением в неживой и живой природе почувствует каждый, кто

сравнит старую телегу со старой лошадью. Оба объекта накапливают повреждения с течением времени, но у телеги нетрудно заменить сломанное колесо, тогда как повреждение сустава ноги для лошади фатально. Зато больная лошадь может выздороветь, а сломанная телега сама не починится ни при каких обстоятельствах. Но задача геронтологии заключается в том, чтобы совместить долготеление с полноценным функционированием организма, и жить долго, не теряя новизны восприятия. По словам Цицерона, люди боятся старости потому, что она препятствует деятельности, ослабляет тело, лишает наслаждений и приближает к смерти.

Существует две противоположные теории, объясняющие старение. Одна говорит, что старость есть результат накопления ошибок и повреждений в клетках нашего тела, другая — что это результат реализации специальной генетической программы. Без особой натяжки можно объединить эти точки зрения, так как они не противоречат друг другу: ошибки метаболизма потому и накапливаются, что их перестает исправлять противодействующая им система, отключаемая генетической программой старения. Так или иначе, природа позаботилась, чтобы жизнь завершалась смертью.

Однако определенная природой длительность жизни индивида практически никогда не используется полностью — как правило, представители живого мира не успевают умереть от старости, а гибнут от голода, конкуренции за места обитания, нападения хищников, столкновения с неживой природой, от болезней. Человеческую жизнь сокращают войны, эпидемии, вызванные антисанитарными условиями в местах проживания, действие антропогенных факторов, профессиональные болезни. Гуманизация образа жизни в той или иной степени способна приблизить длительность жизни человека к ее биологическому пределу, как мы это видим на примере таких стран, как Швеция или Япония. Этим занимается здравоохранение.

Научный аспект задачи продления жизни лежит в сфере деятельности геронтологии и гериатрии — наук о долголетию и преодолении старческих болезней. В настоящее время проблема заключается в том, чтобы на основе понимания законов старения организма разработать научные подходы к преодолению факторов, сокращающих активную фазу жизни. Эта проблема важна как для каждого индивида в отдельности, так и для всего общества, заинтересованного в накоплении матери-

альных и научных ценностей. В этой статье рассказывается о некоторых, по нашему мнению, наиболее перспективных подходах к ее решению.

## Модель для изучения старения

Механизмы старения клеток, выращиваемых в культуре, в общих чертах описаны, известны и отдельные отклонения, вызывающие старение клеточных культур. Для понимания фундаментальных закономерностей, которые лежат в основе возрастных изменений метаболизма, следует охарактеризовать те стадии обмена веществ, которые наиболее уязвимы для «поломок» и накопления дефектов, будь то изменения синтеза белков-ферментов или условий их функционирования. Такая работа позволила бы сформулировать критерии устойчивости живых систем, благодаря которой они существуют в определенном смысле наперекор второму закону термодинамики — растут и обновляются, а не разрушаются со временем. В свою очередь, знание принципов устойчивости поможет понять, как ее сохранить и тем самым «отменить» старение.

Однако возрастание устойчивости, консервативности обмена веществ неизбежно снижает приспособляемость организма к изменяющимся условиям, вызванным сменой суток, времен года, климатических условий, физическими или эмоциональными нагрузками. Таким образом, необходимо определить адекватное соотношение консервативности и лабильности обмена и научиться использовать внутренние механизмы (вероятнее всего, гормонально-психологические) для автоматической регуляции этого соотношения.

Важнее всего, на наш взгляд, научиться оценивать темпы возрастных изменений, которые протекают в организме в течение всей жизни и необязательно ускоряются с возрастом. Даже из бытового опыта мы знаем, что в условиях физиологически здоровой размеренной жизни накопление старческих признаков замедляется, и старение как будто останавливается, возобновляясь в ответ на какое-либо внешнее потрясение (зачастую психологическое). Это наблюдение отражает наличие в клеточном обмене обратимых и необратимых ошибок метаболизма.

Нужны специальные чувствительные модели различной сложности — как на клеточном уровне, так и на уровне целых организмов — для идентификации предельного уровня обратимых оши-

бок, выяснения чувствительности обмена веществ к различным факторам риска. На таких моделях можно будет исследовать влияние условий, вызывающих профессиональные болезни, психологический (социальный или экономический) стресс, действие антропогенных факторов. Аллергенные стимуляторы, генетически модифицированные продукты, загрязнение среды становятся постоянными факторами нашей сегодняшней жизни, создавая возрастающее давление на обмен веществ, способное в итоге привести к нарушению стабильности генома и модификации психических реакций — общеизвестно, что трудности жизни портят характер.

Очевидно, что пора обозначить допустимые пределы антропогенных воздействий. Необходимо произвести переоценку действия неизбежных антропогенных факторов на обмен веществ с последующей переоценкой их предельно допустимых концентраций (ПДК). При этом нужно исследовать действие не только индивидуальных факторов, но и их сочетаний, поскольку возможны кумулятивные эффекты.

Но вернемся к проблеме моделирования старости. Следует иметь в виду, что старение — это судьба не отдельной клетки, а всего организма. Поэтому работы на клеточных культурах могут быть лишь предварительными: необходима проверка основных положений на целых организмах. Как бы ни возмущались борцы за ограничение использования животных в эксперименте, теоретическая биохимия может предсказать возможность явления или способы управления им, но проверить правильность предсказания могут только биохимические исследования, в которых без животных не обойтись.

Еще раз отметим: поиск и разработка моделей старения клетки и целых организмов — крайне важная задача и, по сути, это одна из лимитирующих стадий осуществления всей программы.

Есть адекватные биохимические модели старения, для которых характерно явление прогерии — ускоренного

накопления старческих признаков. Это заболевание изредка встречается у современного человека. Линия мышей SAM (от Senescence Accelerated Mice), выведенных профессором Тошио Такедой в Японии в конце XX века и сейчас активно исследуемых во многих лабораториях мира, в том числе и в нашей стране, не только позволит уточнить вклад частных реакций обмена веществ в процесс старения. На мышах Такеды можно проверить, насколько эффективны потенциальные замедлители этого процесса.

В настоящее время разработаны экспериментальные модели, позволяющие оценить воздействие вредных факторов на организм, начиная с самого раннего, внутриутробного периода развития. Когда какой-либо фактор воздействует на беременных животных, изучение физиологических и биохимических особенностей потомства дает неосцененные по важности результаты, позволяющие выявить отдаленные эффекты.

Такова модель пренатальной гипергомоцистеинемии. Избыточное накопление в крови гомоцистеина — фактор риска сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний, укорачивающих жизнь людей среднего и средне-позднего поколения. Гомоцистеин — это нормальный метаболит, образующийся в результате превращений аминокислоты метионина. Его содержание в крови здоровых пациентов очень мало (не превышает 10 мкмоль/л), но многократно увеличивается при возрастных изменениях и старческих болезнях. Пользу лечебного голодания объясняют, в частности, и тем, что при ограничении питания в организм попадает меньше метионина. Для определения повышенного уровня гомоцистеина в крови (гипергомоцистеинемии) ученые МГУ им. М.В. Ломоносова разработали специальную модель: в пищу беременным крысам вносили избыточное содержание метионина, что приводило к повышению уровня гомоцистеина в организме. Формирование потомства в условиях экспериментальной гиперго-



моцистеинемии позволяет детально изучить молекулярные причины и отдаленные последствия — влияние избытка гомоцистеина на частоту заболеваний и длительность жизни.

Надо заметить, что в исследованиях комбинации патологических факторов и воздействий (например, нейротоксинов и гипоксии мозга или генетических и нейрохимических факторов) российские исследователи далеко опередили западную науку. Недавно западные исследователи стремятся к сотрудничеству с нами для использования этих оригинальных моделей. Примером может служить комбинированная модель инсульта мозга, осложненная введением в кровь животных нейротоксина 3-нитропропионовой кислоты или того же гомоцистеина. Возникающий при этом у животных отчетливый неврологический дефицит позволяет использовать такую модель для оценки защитного действия новых лекарственных препаратов от инсульта. Такая работа проводится совместно учеными Научного центра неврологии РАМН в Москве и университета Цюриха в Швейцарии.

## О важности связей

Совокупность клеток становится многоклеточным существом благодаря механизмам межклеточной сигнализации. Именно они в первую очередь подвергаются повреждению в условиях старения. За передачу сигналов отвечают специальные информационные молекулы, функция которых описана к настоящему времени только частично. А основным переносчик сигналов — это кровь.

К настоящему времени накопилось много отрывочных сведений, свидетельствующих, что различные способы модификации крови могут восстанавливать поврежденный гомеостаз организма, в том числе и при старении. Известны и специальные способы физического воздействия на кровь, которые улучшают эту ее способность: умеренное нагревание, УФ или лазерное воздействие, малые дозы радиации. Применение их, однако, ограничено отсутствием строгих исследований, направленных на выяснение специфичности и механизма действия. Большой интерес представляют работы по изучению крови, подвергнутой гипосмотическому шоку, при котором она приобретает свойства иммуномодулятора, становится своего рода внутренним настройщиком — эндорегулятором обмена веществ и способствует восстановлению нормальных взаимосвязей в организме. Эти исследования впервые были проведе-

ны в Институте иммунологии Минздрава РФ Р.Н.Ходановой и одним из авторов этой статьи (В.В.Мальцевой).

Принципиально новые возможности в борьбе со старением должно открыть изучение начальных механизмов действия факторов, восстанавливающих поврежденные взаимосвязи. Особенно важно исследовать начальные реакции, обеспечивающие перевод физических воздействий на язык биохимии.

Здесь исследователей могут ожидать самые неожиданные сюрпризы. Отечественные ученые впервые описали сигнальную роль свободнорадикальных соединений в управлении жизнью клетки (Н.М.Эмануэль, Б.Н.Тарусов, А.И.Арчаков, А.А.Красновский). Сегодня в нашей стране разрабатывается оригинальное направление исследований — выяснение адаптационной роли свободных радикалов в жизнедеятельности нейронов (А.А.Болдырев, Ю.А.Владимиров, В.П.Скулачев). Среди свободных радикалов, выступающих в роли информаторов, в первую очередь следует назвать активные формы кислорода и азота. Они могут нести и положительную, и отрицательную информацию — характер ее зависит от их стационарного уровня в клетке. Рост свободных радикалов в условиях окислительного стресса превращает их из друзей во врагов, повреждающих клеточные структуры.

Для каждого состояния организма характерен свой уровень, отделяющий положительные эффекты радикалов от отрицательных. Поэтому регулировать свободнорадикальную продукцию клеток, чтобы их уровень всегда был оптимальным, не так просто. Неоценимую помощь здесь могут оказать наночастицы с включенными в их состав природными регуляторами. Это будут частицы, обладающие «памятью» о том, в какие ткани и органы и сколько надо доставить регуляторов, исправляющих дефекты сигнальной системы. В недалеком будущем можно ожидать создания таких конструкций, в которых наночастицы будут снабжены различными регуляторами, способными защищать ткани от окислительного стресса, и одновременно помечены «лидерными молекулами», направляющими их в конкретные ткани — так можно будет осуществлять высокоточную адресную доставку биорегуляторов к поврежденным структурам организма.

Судя по приоритетам финансирования, в США и Китае эти направления исследований активно поддерживаются, хотя в открытую печать результаты, как правило, не попадают. К сожалению, в нашей стране осуществля-

ется попытка сфокусировать все финансы в одной программе («Нанотехнологии»), что затруднит финансовую поддержку свежих идей «на периферии» этой структуры. Было бы желательно привлечь научную молодежь к созданию новых высокоспецифичных лекарственных препаратов на основе наночастиц, стимулировать создание творческих коллективов, включающих разные специальности, — химиков, биологов, нанотехнологов. Возможно, положение могло бы исправить выделение средств на открытые научные конкурсы по этой тематике. Такой подход мог бы одновременно стимулировать и исследования молекулярных механизмов, обеспечивающих нормализацию обмена веществ в клетке.

## Почему долгожители живут долго?

Среди представителей любой цивилизации, живущих в примерно одинаковых условиях, всегда выделяется когорта жителей, относимых к «возрастной элите», — люди старше девяностолетнего возраста. Такие долгожители выделяются не по набору используемых продуктов питания или особенностей среды обитания: их солидный возраст — «заслуга» их собственного организма. По-видимому, для них характерны какие-то особенности обмена веществ. Из отдельных наблюдений известно, что по некоторым иммунологическим характеристикам эти пациенты сравнимы, а зачастую и превосходят людей, находящихся в расцвете сил. У них обнаруживаются лимфоциты с атипичным набором рецепторов с не вполне ясной функцией. Исследование особенностей циркуляции крови и характеристика устойчивости форменных элементов крови пациентов этой возрастной группы должно многое прояснить в особенностях их старения. Наверняка есть и другие «факторы долголетия», и, чтобы их обнаружить, необходимо предпринять обстоятельное эпидемиологическое обследование населения, уделяя особое внимание «возрастной элите».

К настоящему времени накопился опыт исследования биологически активных соединений растительного происхождения, имеются рекомендации к их использованию при различных патологиях. Для многих из них (например, для салицилатов) лишь недавно обнаружены механизмы действия. К сожалению, вещества растительного происхождения в большинстве своем не подвергаются превращениям в организме человека и медленно выводятся из организма. Возникает лекарственная зависимость,

экстремальные примеры которой связаны с веществами наркотической природы или некоторыми лекарственными «пожизненного» применения.

Биологически активные вещества, получаемые из животных, гораздо реже используются. А между тем они, в отличие от растительных веществ, естественным образом включаются в метаболизм, что позволяет организму самому определять эффективную дозу и делает возможным длительное лечение без привыкания.

Сейчас список таких соединений не очень обширен, а механизм их действия в организме недостаточно исследован; можно вспомнить хитиновые оболочки морских ежей, экстракт плавников акул, смесь активных компонентов тимуса – «тимопозитин», или гипофиза – «вилон», «пинеалон»... Выделение индивидуальных веществ из таких смесей, изучение их действия в экстремальных условиях и при дефиците жизненных сил — все это еще впереди. И так, требуется систематическое исследование фармакохимии природных модуляторов животного происхождения.

Применение индивидуальных биологически активных соединений сулит достижение такого регуляторного эффекта, о котором мечтал еще Гиппократ, говоря, что лечить надо не болезнь, а больного. Пример такого соединения дает нам нейропептид карнозин, обладающий целым набором полезных свойств, которые делают карнозина незаменимым средством восстановления микроциркуляции в мозге при нейродегенеративных и возрастных повреждениях. В 2003—2008 гг. в Научном центре неврологии РАМН (директор – академик РАМН З.А.Суслина) был получен положительный опыт применения карнозина как дополнительного компонента лечения нейродегенеративных заболеваний. Эти результаты, опубликованные в международных научных журналах, позволяют рекомендовать карнозин как средство дополнительной терапии в лечении возрастных патологий и старческих изменений организма. Косвенным свидетельством ценности этой идеи служит примечательный факт: некоторые зарубежные авторы развивают российские разработки и патентуют результаты, полученные на животных, в качестве обоснования применения для пациентов (см. напр. патент США № US 2008/0171095 A1 от 17 июля 2008 года).

Наконец, предметом специального исследования должна стать устойчивость организма к неблагоприятным факторам внешней среды. Те требования, которые в современном обще-

стве используют для подбора космонавтов, летчиков-испытателей, моряков-подводников, операторов атомных станций следует использовать и для раскрытия внутренних резервов организма. Некоторые биохимические механизмы устойчивости на молекулярном уровне описаны — они связаны с продукцией специальных белков-шаперонов (некоторые из них синтезируются в клетке в ответ на тепловой стресс, поэтому они получили название «белки теплового шока»). Шапероны исправляют поврежденные белковые структуры или удаляют их из клеток. Они же маркируют «испорченные» макромолекулы, которые уже не способны к функционированию. Своевременное удаление таких дефектных молекул из организма создает резерв биохимической устойчивости тканей и обеспечивает противодействие организма многим заболеваниям (в том числе онкологическим).

Сейчас мы лишь начинаем накапливать знания в этой области, но дальнейшие исследования должны вооружить биохимическую геронтологию рекомендациями, необходимыми для поддержания устойчивости метаболизма на протяжении всей жизни человека. Пионерские разработки защиты организма от возрастных изменений, основанные на применении митохондриальных антиоксидантов, ведет коллектив академика РАН В.П.Скулачева (Институт физико-химической биологии МГУ имени Ломоносова; см. «Химию и жизнь», 2007, № 5). Они могут быть полезны не только в борьбе со старостью, но и для защиты людей от профессиональных заболеваний, зачастую связанных с активацией окислительного стресса в тканях.

Конечно, исследования должны идти по всем направлениям одновременно, и достижения в соседних направлениях работы будут стимулировать и расширять возможности решения остальных задач. В действительности только комплексные подходы обеспечат победу над старением. Образцом такого подхода могли бы служить работы члена-корреспондента РАН В.Х.Хавинсона (Санкт-Петербургский институт биорегуляции и геронтологии РАМН) и профессора В.Н.Анисимова (Институт онкологии им. Н.Н.Петрова, Санкт-Петербург), усилиями которых получили широкое распространение цитамин, природные регуляторы иммунной системы.

Известно, что интеллектуальные ценности накапливаются с возрастом по мере истощения физических возможностей их воплощения. Когда перечисленные выше проблемы найдут решения, возраст перестанет быть по-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

мехой для полноценной реализации творческого потенциала человека.

Описанная здесь вкратце программа биохимических исследований долголетия вполне осуществима. При наличии финансирования и грамотной координации усилий можно достаточно быстро увеличить среднюю продолжительность жизни более чем вдвое (по сравнению с показателями, существующими сегодня в нашей стране). Возникающие при этом проблемы «пересыщения» общества долгожителями мы оставляем на рассмотрение специалистов других областей — демографии, экономики, социологии и т. д. Но важно понять, что это будет «пересыщение» общества индивидами, сочетающими знание и умение, способными к активному труду во всех областях человеческой деятельности.

Кто-то скажет, что такие исследования неактуальны и даже преждевременны — ведь длительность жизни в нашем обществе сейчас ограничивают не биологические, а социально-экономические факторы. Напротив, такие исследования следует начинать как можно раньше, еще до того, как будут исчерпаны резервы увеличения длительности жизни, связанные с устранением профессиональных заболеваний, производственного и бытового травматизма, алкоголизма, наркомании. Увеличение биологического резерва человека усилит противодействие негативным факторам современной жизни — психологическому стрессу, неблагоприятным экологическим условиям и т. д. Весьма вероятно, что мы успешнее решим проблему долголетия, финансируя геронтологические исследования, а не занимаясь, например, административной борьбой с пьянством, неэффективность которой иллюстрирует история разных стран и народов.



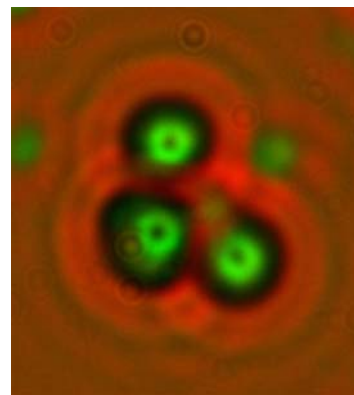
**НЕЙТРОНЫ  
ХОЛОДНОГО  
СИНТЕЗА**

*При электролизе хлорида палладия в тяжелой воде нейтроны все-таки образуются, установили американские химики.*

Пресс-секретарь ACS  
Michael Bernstein,  
m\_bernstein@acs.org

**В** Солт-Лейк-Сити с 21 по 26 марта 2008 года проходил 237-й съезд Американского химического общества. Одна из секций на нем была посвящена холодному синтезу, то есть ядерным реакциям при температуре ниже температуры горячей плазмы. Не секрет, что эта тема вызывает стойкое отторжение у многих ученых, потому что предполагает явление, которое невозможно. Для слияния ядра должны набрать достаточную энергию, чтобы преодолеть кулоновское отталкивание. Без сильного нагрева этого сделать нельзя, а в электролизере откуда такому нагреву взяться?

Однако некоторые экспериментаторы не устают доказывать, что необычное явление все-таки существует. Например, доктор Памела Мосьер-Босс из Центра космических и морских военных систем ВМФ США в Сан-Диего рассказала о следующем эксперименте. В сосуд с раствором хлорида палладия в тяжелой воде опускали золотые или никелевые проволочные электроды и включали ток. За несколько секунд палладий оседал на электроде. А сосуд этот был окружен специальным пластиком, который используют для детекции быстрых частиц. После обработки в нем нашли группы из трех близко лежащих треков, сходящихся в одной и той же точке на поверхности. Считается, что они могут возникнуть, когда нейтрон сталкивается с пластиком и вышибает из него несколько горячих частиц. Доктор Мосьер-Босс считает это убедительным доказательством ядерной реакции в изучаемой системе и сетует на отсутствие финансирования такого рода работ.



## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ПОЛЬЗА  
СКИСШЕГО СОКА**

*Правильно скисший сок с подсластителем — вот что смогут пить люди, склонные к диабету.*

Пресс-секретарь ACS  
Michael Bernstein,  
m\_bernstein@acs.org

**О**чищать сок от сахара — процедура не из дешевых. А людям с диабетом пить сок с сахаром вредно. Как же им утолить жажду и потребность в витаминах? Для этого надо призвать на помощь бактерии, которые превращают сахар в молочную кислоту: если мы пользуемся их способностями при сквашивании молока, то почему не попробовать их в соке? Примерно так рассуждали китайцы Син Хэцин и Лю Сюци из Цзилинского университета в Чанчуне на 237-м съезде Американского химического общества.

Они добавили культуры *Lactobacillus acidophilus* и *L. plantarum* в смесь из сока тыквы, лука, моркови и момордики, она же горькая дыня (известное восточное средство от диабета). Сок успешно скис — кислотность возросла в десять раз за 12 часов выдержки. И после этого в нем не могла поселиться уже никакая новая бактерия. Во всяком случае, потом он четыре недели простоял в холодильнике и нисколько не изменился. В скисший сок добавили сахарозаменитель ксилит и получили новый приятный напиток, не только безвредный, но и полезный: ведь каждая его чайная ложка содержит 5 миллиардов колоний молочнокислых бактерий. А они весьма способствуют пищеварению

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ЧИСТАЯ КЛЕТКА**

*Превратить клетку кожи в стволовую и при этом оставить ее девственно чистой сумели американские ученые.*

«Science», 26 марта  
2009 года

**В** 2007 году Джеймс Томас из Висконсинского университета научился обращать время вспять — превращать клетку кожи взрослого человека в стволовую. Это имеет огромный потенциал для медицины будущего, поскольку дает возможность выращивать запасные ткани человека из его собственных клеток. Но есть одна хитрость: для перепрограммирования клетки в нее нужно встроить кусочек чужого генетического материала. Мало того что это делают с помощью вируса, так еще и сам этот кусочек не будет нужен, когда перепрограммированная клетка даст потомство, которое станет клетками ткани. Уж больно такая стволовая клетка похожа на раковую.

Чтобы избежать перепрограммированные клетки от этого недостатка, доктор Томас поручил своему сотруднику Юй Цзюньину применить плазмиды. Это кольцевые ДНК, которые никуда не встраиваются, однако позволяют синтезировать закодированные в них белки. И действительно, с помощью плазмид тоже удалось клетку кожи сделать стволовой. Плазмиды размножаются весьма неэффективно, поэтому доктор Томас считает, что после того, как они сделали свое дело, можно получить ткань из клеток, свободных от дополнительного генетического материала.

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ТРОЯНСКИЙ В<sub>12</sub>**

*Прицепив оксид азота к витамину В<sub>12</sub>, можно получить лекарство от рака, полагают американские исследователи.*

Пресс-секретарь АХО  
Michael Bernstein,  
m\_bernstein@acs.org

**Н**а 237-м съезде Американского химического общества доктор Джозеф Бауэр из Кливлендской больницы рассказал о новых опытах по лечению рака, устойчивого к лекарственным препаратам и облучению. «Мы давно знаем, что раковые клетки по числу рецепторов к витамину В<sub>12</sub>, который способствует делению клеток, стократно превосходят нормальные клетки. Если прицепить лекарство к витамину, тот, как троянский конь, доставит его в клетку, причем опухоль пострадает в сто раз сильнее, чем нормальная ткань. Мы присоединили к витамину оксид азота», — говорит доктор Бауэр.

Однако как же испытать новый препарат и при этом потратить как можно меньше денег на лабораторных животных? Решение есть: надо лечить собак и кошек. Ведь ежегодно в США рак находят у шести миллионов домашних животных. Хозяева будут весьма благодарны медику, избавившему любимца от страшной участи. Именно собак Джозеф Бауэр и стал лечить новым препаратом. Результат оказался неплохим — из четырех попыток четыре попадания: неизлечимые опухоли уменьшались на глазах и животные снова могли свободно бегать и играть. «Собаки больше подходят, чем мыши, ведь они живут вместе с хозяином, дышат тем же воздухом, пьют ту же воду», — считает доктор Бауэр.





**СЕТЬ  
НА СНАЙПЕРА**

*Оснатив шлемы солдат акустическими датчиками, можно выявить, кто и откуда по ним стреляет.*

Пресс-секретарь David F. Salisbury, david.salisbury@vanderbilt.edu

Помня афоризм «Хочешь мира — готовься к войне», американские инженеры все активнее оснащают доспехи своих солдат всевозможной электроникой. Специалисты из университета Вандербильта в 2006 году закончили разработку, а теперь завершили испытания системы, которая поможет пехотинцу во время затяжных уличных боев. Это четыре датчика на шлеме плюс процессор и передатчик. Датчики воспринимают ударные волны от выстрела из снайперской винтовки и от пули, летящей со сверхзвуковой скоростью. Процессор по параметрам первой волны определяет направление, а по второй — расстояние до стрелка.

Чувствительность всей системы была бы невелика, если бы аналогичными датчиками не были оснащены шлемы всех солдат взвода и данные не поступали в компьютер командира. На дисплее этого компьютера и высвечивается информация о положении снайпера, даже если он отлично замаскирован. Вся система весит как те четыре пальчиковые батарейки, что ее питают, а стоит 1000 американских долларов, причем собрать ее можно из имеющихся на рынке деталей.

**ТРЕХМЕРНАЯ  
ПЕЧАТЬ  
ИЗ ГЛИНЫ**

*Сделать трехмерную печать дешевле сумели американские материаловеды.*

Mark Ganter, ganter@u.washington.edu

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Трехмерная печать, то есть изготовление трехмерных предметов по компьютерной модели с помощью специального принтера, — очень интересная технология. Сегодня ее применяют не только для проектирования деталей машин или изготовления индивидуальных протезов: скульпторы и музейщики тоже начали интересоваться возможностью создавать небольшие тиражи художественных произведений. В результате студентов, которые приходят учиться работе с таким оборудованием, становится все больше. Значит, возрастает потребность в расходных материалах, а они стоят дорого. «Мы сейчас тратим до 4000 долларов в квартал на покупку фирменной глины для такого принтера. Это слишком много для нашего бюджета. За пятнадцать лет работы мы потратили на расходные материалы столько денег, что начальная стоимость принтера — 20 тысяч долларов — кажется сейчас просто смешной», — рассказывает Марк Гантер из Вашингтонского университета.

Чтобы снизить затраты, он с коллегами создал составы на основе глины для художников. К ней добавили купленные в магазине сахар и мальтодекстрин. В результате стоимость расходного материала снизилась в пятьдесят раз, а работать с ним не хуже, чем с фирменным. Ну а если принтер все же сломается, ученые будут чинить его своими руками — гарантия-то пропадет. Зато дешевый материал незаменим для обучения студентов.

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

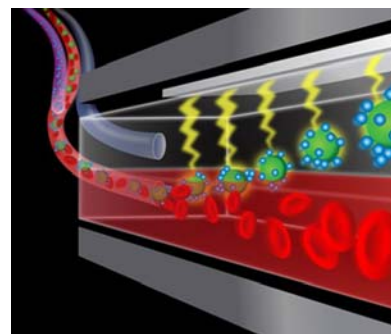
**МАГНИТ  
ЛОВИТ ДРОЖЖИ**

*Магнитную систему для очистки крови придумали медики из Бостона.*

«Lab on a Chip»,  
13 апреля 2009 года

Заражение крови — опасное заболевание, особенно когда ослаблен иммунитет. А лечение одно — очистить кровь от попавших в нее микроорганизмов. Доктор Чон Вин Ян с коллегами из Бостонского детского госпиталя придумала оригинальную систему очистки. Ее основа — магнитные наночастицы с нанесенными на них антителами к клеткам дрожжей *Candida albicans*.

В кровь добавляют магнитные частицы и прокачивают ее через микрососудистую систему. В ней поток крови встречается с текущим параллельно ему потоком физиологического раствора. Из-за особенностей микрогидродинамики эти потоки соприкасаются, но не перемешиваются. Под действием магнита частицы с выловленными дрожжами попадают в раствор и утекают вместе с ним. Всего за один цикл прокачки кровь очищается на 80%. Согласно расчету, система из сотни таких микроканалов может очистить кровь ребенка за несколько часов. И никаких ионообменников, мембран и прочих повреждающих кровь устройств.



## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**1001-Й  
ЛИСТ ЛОТОСА**

*Очередной сверхгидрофобный материал создали американские ученые.*

Min Zou,  
mzou@uark.edu

После того как в конце 90-х был открыт эффект сверхгидрофобности листа лотоса (см. «Химию и жизнь», 2006, № 2), каковой дает ему возможность всегда оставаться чистым, ученые пытаются воспроизвести этот эффект. Казалось бы, нехитрое дело — покрыть поверхность стекла неровностями разного масштаба, но это можно сделать многими способами. Очередной искусственный лист лотоса создала профессор Цзоу Минь из Арканзасского университета.

Для этого она покрывала стекло нанометровым слоем аморфного кремния, сверху на него напыляла тонкий слой алюминия, а затем все это грела в печи при 650°C в течение десяти минут. После удаления алюминия поверхность оказывалась покрыта островками аморфного кремния, на которых выросли нанометровые рожки того же вещества. Такое стекло не только отталкивает грязь, но и не запотеваает. К сожалению, несмотря на многочисленные новости о создании подобных материалов, что-то не слышно об автомобилях с незапотевающим и непачкающимся стеклом. А жаль — это было очень полезное внедрение нанотехнологий в жизнь.



Выпуск подготовил кандидат физико-математических наук **С.М.Комаров**



# Жизнь возникла в залежах гидрата метана

Кандидат химических наук  
**В.Е.Островский**,  
кандидат физико-математических наук  
**Е.А.Кадышевич**

Происхождение живой материи, земной атмосферы и залежей углеводородов — три фундаментальные загадки природы, которые пытаются разгадать многие исследователи. Наша гипотеза увязывает воедино эти, казалось бы, независимые процессы. Здесь мы коснемся только происхождения жизни. Согласно нашим предположениям, простейшие элементы живой материи многократно образовывались и, возможно, сегодня образуются в недрах Земли из метана (или другого углеводорода), селитры и фосфата в полостях газовых гидратов, а монохиральность нуклеиновых кислот — прямое следствие геометрии структурной матрицы, в которой они формируются. Некоторые природные явления и опыты свидетельствуют в пользу нашей гипотезы, но для полной достоверности нужны новые химические и компьютерные эксперименты.

**Б**еспозвоночные организмы появились на Земле в течение верхнего архейского периода (1,2–2,7 млрд. лет назад). Древнейшие остатки одноклеточных водорослей имеют возраст 3,9 млрд. лет. До них должны были возникнуть молекулы нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), а еще раньше — более простые по составу азотистые основания (N-основания) и рибозы, входящие в состав ДНК и РНК. Это означает, что после формирования нашей планеты (около 4,57 млрд. лет назад), по геологическим масштабам прошло не так уж много времени, прежде чем появились мономерные звенья будущих нуклеиновых кислот. Неясно, как начался этот процесс, по какому пути шла природа после взрыва сверхновой, чтобы из пылающего хаоса элементарных частиц появился упорядоченный мир.

Известно множество особенностей живой материи, которые, скорее всего, объяснятся только после того, как будет разгадана тайна возникновения жизни. Например, оптическая активность биологических веществ, открытая Л.Пастером; закрученность почти всех раковин моллюсков справа налево (об этом писал еще Жюль Верн в романе «20 тысяч лье под водой»); существование высокоразвитых организмов под слоем воды около 11 км (Д.Вальш и Дж.Пиккард около 40 лет назад увидели вблизи дна Марианской впадины рыб, креветок и моллюсков, давление внутри которых должно уравновешивать внешнее давление, превышающее 1000 атм).

Почему ни одна из структур ДНК, РНК и белков не обладает зеркальной симметрией, не имеет ни плоскости, ни центра симметрии и все биологически активные молекулы монохиральны, то есть состоят из молекул только одного зеркального антипода? По неведомой причине все молекулы ДНК и РНК содержат только D-конфигурацию рибозы и потому вращают плоскость поляризации света вправо, а все эн-



зимы содержат только L-конфигурации аминокислот и поэтому вращают плоскость поляризации света влево. Вряд ли монохиральность возникла как борьба двух тенденций. По-видимому, должен существовать какой-то простой и жесткий, скорее всего геометрический, механизм отбора.

Где провести границу между живым и неживым? Общепринятого мнения по этому вопросу не существует. Мы будем называть ДНК и РНК простейшими формами доклеточной живой материи, а N-основания, рибозы, нуклеозиды и нуклеотиды, которые входят в состав нуклеиновых кислот, — простейшими элементами живой материи. В такой терминологии вирусы и даже вириды следует рассматривать как живые субстанции.

## История проблемы

Автор первой научной гипотезы возникновения живой материи на Земле — российский биохимик А.И.Опарин. Некоторые исследователи до сих пор поддерживают эту гипотезу, но есть и другие версии. Например, есть мнение, что жизнь привнесена на Землю из космоса метеоритами, пришельцами, «спорами жизни» и другими неизвестными путями. Гипотезы о внеземном происхождении жизни называют общим термином «панспермия». Все они пытаются угадать, откуда могла прийти жизнь на планету Земля, но не решают проблему механизма возникновения живой материи. Поэтому мы не будем подробно останавливаться на панспермии. Многие аспекты проблемы возникновения жизни описаны в монографии Э.М.Галимова, где изложена и собственная гипотеза автора, а также в других монографиях, опубликованных в разных странах.

Бесспорная заслуга А.И.Опарина перед мировой наукой состоит в том, что он впервые подошел без мистики или, как сейчас говорят, без креационизма к проблеме происхождения живой материи. Благодаря его работам ученые впервые задумались о том, можно ли в лаборатории синтезировать простейшую живую субстанцию из минеральных веществ.

А.И.Опарин исходил из того, что живая материя, как ему казалось, чрезвычайно упорядочена и имеет очень низкую энтропию по сравнению с исходными простыми минеральными веществами. По его мнению, чтобы образовались биологически активные вещества и их компоненты, нужен был приток внешней энергии, которая заставила упорядочиться исходные атомы и молекулы и уменьшила их энтропию. Он предположил, что источником внешней энергии были грозовые разряды, под действием которых в атмосфере и на поверхности архейских океанов образовались простейшие органические вещества. Они, в свою очередь, превратились в белки и нуклеотиды, из которых по какому-то неизвестному механизму возникла метаболизирующая живая материя, а позднее — одноклеточные организмы.

Согласно предположениям А.И.Опарина, архейская атмосфера содержала  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  и пары  $\text{H}_2\text{O}$ , то есть имела атомы Н, С, N и О, а атомы Р в составе фосфат-ионов были растворены в океанской воде. Все виды живой ма-

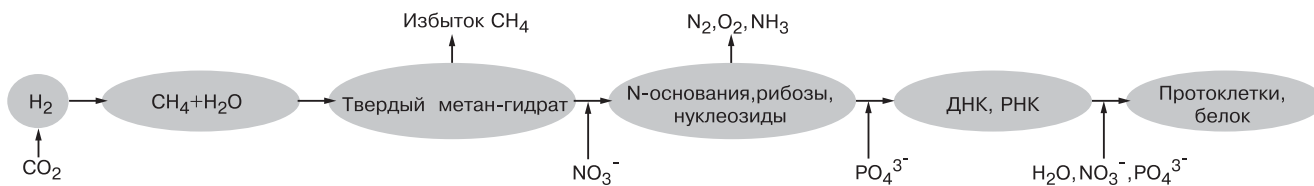
терии состоят из этих пяти химических элементов с небольшими примесями некоторых других атомов. А.И.Опарин предложил схему эксперимента, который должен был доказать, что биологически активные вещества могут получиться из  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и фосфатов под действием электрических разрядов. Более 50 лет назад такие опыты начали выполнять С.Миллер и Г.Юри, а вслед за ними — экспериментаторы во многих лабораториях мира. Они получали простые органические вещества и простейшие аминокислоты, но ни рибозы, ни азотистые основания не были синтезированы. К тому же плотность электрических разрядов в этих экспериментах была очень велика по сравнению с той, которая могла реально существовать в древней атмосфере Земли.

Дж.Оро и С.Камата синтезировали простые аминокислоты и N-основания в водных растворах  $\text{NH}_3$  и  $\text{HCN}$  под действием электрических разрядов. Однако состав архейских морей, видимо, существенно отличался от растворов, использованных ими. Таким образом, никто из экспериментаторов, проверявших гипотезу А.И.Опарина, не достиг решающих успехов. Пятьдесят лет — большой срок, и, наверное, можно констатировать, что подтвердить представления А.И.Опарина не удалось. Впрочем, самое худшее для гипотезы — даже не неудача экспериментов, поскольку отрицательный результат сам по себе не может опровергнуть гипотезу.

Гипотеза А.И.Опарина не объясняет, почему при образовании N-оснований не происходили реакции замещения и присоединения в их боковых группах (то есть почему N-основания ограничены в размерах), почему молекулы ДНК и РНК — это регулярные последовательности N-оснований, рибоз и фосфатных групп, почему все молекулы нуклеиновых кислот сходны по химическому составу и структуре, но имеют определенные различия, и многое другое. Трудно себе представить, чтобы на границе раздела атмосферы и почвы или атмосферы и океана, где условия постоянно меняются (день и ночь, изменение температуры, направления и силы ветра), могли образовываться полимерные молекулы с правильным чередованием функциональных групп, характерным для нуклеиновых кислот.

Российский физик, химик и биолог Л.А.Блюменфельд в 1996 году однозначно показал методами статистической физики, что «согласно физическим критериям, любая биологическая система упорядочена не больше, чем кусок горной породы того же веса».

Из этого следует, что внешняя энергия (в том числе энергия электрических разрядов) — отнюдь не необходимое условие для синтеза биологически активных веществ. Возможно, существовали (и существуют) какие-то простые вещества, из которых биологически активные молекулы могут образовываться за счет внутренней энергии. Надо иметь в виду, что не только изменение энтропии при какой-либо химической реакции определяет, может ли данная реакция протекать без подвода внешней энергии. Условие самопроизвольного реагирования веществ — это убыль так называемой свободной энергии, которая зави-



**1**  
**Последовательность процессов, которые привели к образованию протоклеток. Эллипс символизирует подземную полость**

сит не только от энтропии, но также и от теплосодержания (энтальпии) исходных веществ и конечных продуктов. При жизни А.И.Опарина ни энтропия, ни энтальпия, ни другие термодинамические функции азотистых оснований, рибозы и тем более сложных биологически активных веществ не были известны. Лишь в последние 10–20 лет Р.Альберти, Дж.Бозрио-Гоатес и другие исследователи экспериментально определили для них значения энтропии и энтальпии. Вывод Л.А.Блюменфельда подтвердился. Оказалось, что стандартная мольная энтропия биологически активных веществ, например тимина, цитозина, гуанина, аденина и урацила, равна 160,1, 140,8, 160,2, 152,0 и 128,0 Дж/моль К соответственно. Для сравнения: стандартная мольная энтропия минералов силлиманита и интерита равна 113,0 и 112,1 Дж/моль К. Тепловой эффект реакций синтеза N-оснований, рибоз, нуклеозидов и аминокислот из метана и нитратов настолько велик, что свободная энергия сильно убывает, и поэтому реакции могут протекать в широком интервале условий без подвода энергии извне. Взаимодействие нуклеозидов с фосфатами и полимеризация нуклеотидов тоже происходят с убылью свободной энергии. Таким образом, синтез живого вещества из указанных минеральных веществ не требует внешней энергии; больше того, в ходе таких синтезов выделяется значительное количество энергии.

Большинство более поздних гипотез происхождения живой материи тоже придавали особое значение тому, что для синтеза биологически активных веществ необходима внешняя энергия. В качестве ее источников, помимо молний, привлекали энергию геотермальных вод, внутреннее тепловыделение Земли, ультрафиолетовое излучение Солнца и т. п. Но ни одна из гипотез так и не ответила на вопрос о том, как получилось, что молекулы пяти азотистых оснований, рибоз и фосфатов оказались в одном месте в одно время и почему они образовывали упорядоченные линейные полимерные цепи с регулярно чередующимися мономерными звеньями.

## Гидратная гипотеза

По нашему мнению, жизнь возникла не в результате случайного события или случайного стечения обстоятельств, а как следствие термодинамически обусловленных неизбежных химических реакций и физических процессов, которые регулируются универсальными химическими и физическими законами. Мы назвали нашу гипотезу гидратной гипотезой возникновения жизни (Life Origination Hydrate Hypothesis, или LOH-гипотеза). Согласно ей, простейшие элементы живой материи — N-основания, рибозы, ДНК- и РНК-подобные молекулы, а также протоклетки — возникали и, возможно, возникают сейчас из CH<sub>4</sub> (или других метановых углеводородов), нитратов и фосфатов под поверхностью Земли или под морским дном внутри сотовых структур гидратов углеводородов, наиболее вероятно — гидрата метана. Залежи гидрата метана могли образоваться из H<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> внутри подземных полостей в течение раннего архея. Последовательность процессов, которые

привели к образованию первых протоклеток, могла быть такой, как показано на рис. 1.

На основании LOH-гипотезы можно непротиворечиво и более или менее определенно ответить на многие вопросы о происхождении живой материи. Вот некоторые из них. Из каких веществ и как образовались азотистые основания и рибозы? Как возникли протоклетки? Как встретились метан и нитрат-ионы NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (рис. 1)? Как из нуклеотидов образовались ДНК- и РНК-подобные молекулы? Почему только атомы С, О, N, Р и Н входят обычно в состав ДНК и РНК? Почему только пять азотистых оснований чаще всего участвуют в образовании нуклеиновых кислот?..

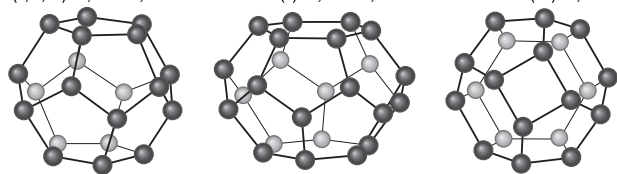
Перед тем как перейти к деталям, напомним некоторые сведения о газовых гидратах и нуклеиновых кислотах.

Газовые гидраты — это твердые сотовые структуры, в которых матрица из водородно-связанных молекул воды-«хозяина» образует почти шаровые полости, содержащие молекулы «гостя». Полости могут быть ограничены 20, 24, 28 или 36 молекулами воды. Возможность образования газового гидрата с какими-либо гостевыми частицами (атомами, молекулами или атомными группами) определяется их размерами и внешними условиями и почти не зависит от химической природы этих частиц. Гидратные структуры не имеют строго определенной стехиометрии «гость/хозяин»; они стабильны до тех пор, пока гостевых частиц не меньше 75–80% от полного заполнения полостей. Таким образом, газовые гидраты — это своеобразный кристаллический «рыхлый» лед, насыщенный гостевыми частицами. Если их удалить, молекулы воды перестраиваются и образуются обычный лед. Гидраты могут иметь различные структуры, которые перестраиваются одна в другую в зависимости от внешних условий и природы гостя (рис. 2).

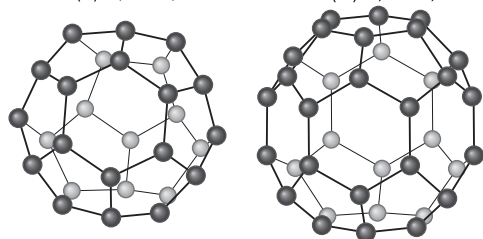
Теперь немного о молекулах ДНК и РНК. Они представляют собой линейные полимеры (рис. 3), состоят из однотипных звеньев (нуклеотидов) и образованы в основном из атомов Н, С, О, N и Р. Все атомы, кроме водорода, связаны между собой весьма прочно и не диссоциируют в водной среде. Каждый нуклеотид состоит из фосфатной группы, рибозы и N-основания. Нуклеотидные звенья связаны между собой через фосфатные группы и образуют цепи длиной от долей микрометра у бактерий и вирусов до нескольких сантиметров у человека и более чем 10 см у некоторых других эукариот.

В молекулы ДНК входят в основном четыре N-основания: аденин (Ad), гуанин (G), цитозин (Cy) и тимин (Th). Каждое из них присоединено к дезокси-D-рибозе. Продукт соединения N-основания с рибозой называют нуклеозидом. Между каждыми двумя рибозами включена фосфатная группа. Молекулы ДНК связываются попарно водородными связями между пуринами (Cy и Th) одной молекулы и пиримидинами (G и Ad) другой молекулы и образуют двойные спирали. Связывание происходит в основном благодаря взаимодействию между амидогруппами —C(O)NH<sub>2</sub> одной молекулы ДНК с такими же амидогруппами другой молекулы ДНК. Некоторый вклад в энергию образования димеров вносят связи =NH•••••N≡, однако он невелик.

$5^{12}(I,II,H)$  0,36–0,44 нм     $5^{12}6^2(I)$  0,36–0,54 нм     $4^35^66^3(H)$  0,36 нм



$5^{12}6^4(II)$  0,56–0,62 нм     $5^{12}6^8(H)$  0,70–0,86 нм



## 2

**Разные гидратные структуры (I, II и H).**

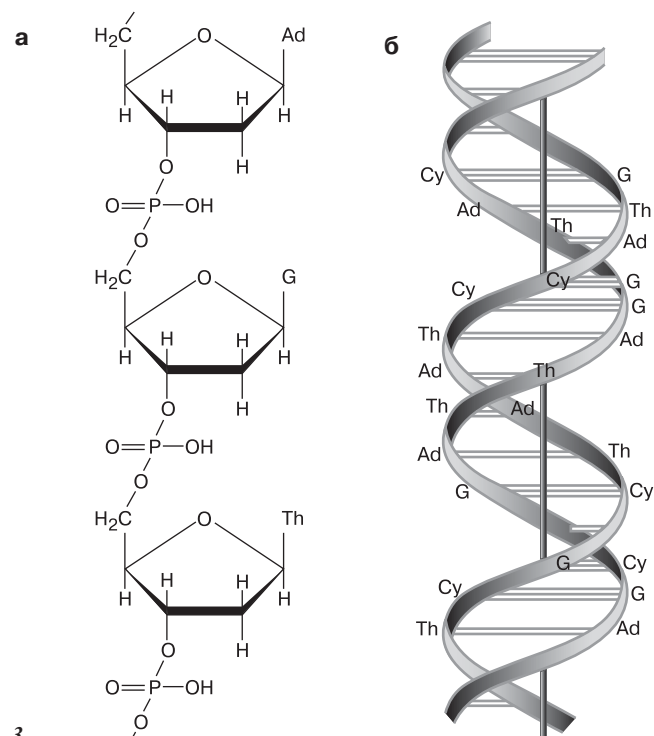
*В узлах структуры расположены атомы кислорода, принадлежащие молекулам воды.*

$5^{12}6^4(I)$  означает, что данная полость имеет 12 пятиугольных граней и 2 шестиугольные грани и что она присутствует только в гидратной структуре I. Другие структуры обозначены аналогично

Молекулы РНК отличаются от молекул ДНК тем, что они не содержат Th, а содержат другое пиримидиновое основание — урацил (U). Также они содержат вместо Th другое пиримидиновое основание — урацил (U) и, вместо дезокси-D-рибозы, D-рибозу. ДНК и РНК дополняют друг друга в передаче наследуемых признаков от поколения к поколению.

ЛОН-гипотеза была инициирована результатами наших исследований механизма взаимодействия водяного пара с полимерами и мономерами, содержащими  $H_2N-$ ,  $O=$  и другие функциональные группы. В качестве субстратов мы использовали полиакриламид, акриламид и аминокислоты глицин и аланин.

Полиакриламид — это водорастворимый линейный неразветвленный полимер с амидогруппами  $-C(O)NH_2$ , ко-



3  
Фрагмент единичной молекулы ДНК (а),  
схематичное изображение двойной спирали ДНК (б)



## ГИПОТЕЗЫ

торые связаны с каждым вторым атомом углеродной цепи. Система полиакриламид—вода — наилучшая модель, по которой можно судить о том, как и при каких условиях образуются и диссоциируют двойные спирали ДНК–ДНК. Сходство между механизмами димеризации ДНК и полиакриламида видно на рис. 4а и 4б. Оба соединения содержат подобные группы, и связи между ними приводят к образованию димеров. Но систему полиакриламид—вода изучать гораздо легче.

Эксперимент показал, что при очень низкой концентрации воды молекулы полиакриламида димеризованы (рис. 4б). По мере обводнения полимера вокруг амидогрупп образуются полости из молекул воды, аналогичные тем, которые существуют в газовых гидратах, то есть возникает ближний порядок в расположении молекул воды. При еще большем количестве воды, когда образуется трехмерный водный континуум, структуризация воды вблизи амидогрупп оказывается термодинамически невыгодной, и димер диссоциирует на отдельные молекулы. Мы предположили, что нечто подобное может происходить и в системе ДНК–вода в средах, подобных протоплазме, где концентрация воды низка.

Затем мы сравнили размеры полостей газовых гидратов с размерами N-оснований и рибоз и обнаружили, что любое из N-оснований может плотно разместиться в большой полости гидратной структуры II или H, а фосфатные группы и рибозы — в малых или в средних полостях этих структур. Таким образом, гидратные структуры содержат как бы формочки, в которых можно «лепить» молекулы ДНК и РНК (рис. 4а и 5).

Общеизвестно, что в земной коре имеется множество локализаций гидрата метана. Большая часть залежей природного газа находится в виде гидрата. Гидрат метана содержит атомы C и H и воду. Мы поставили перед собой вопрос: существует ли в природе какое-либо распространенное вещество, которое, провзаимодействовав с метаном, могло бы дать N-основания, рибозу и аминокислоты? Почему одно вещество? Дело в том, что природа любит простоту и выбирает простейшие пути для достижения результатов. Как писал И.Ньютон, «природа ничего не делает напрасно, и было бы напрасным совершать много то, что может быть сделано меньшим; природа проста и не роскошествует в излишествах». Если достаточно одного вещества, то вероятность того, что именно оно, прореагировав с метаном, дало N-основания и рибозы, гораздо больше, чем вероятность того, что несколько веществ одновременно или последовательно реагировали с метаном.

Оказалось, что такое вещество существует — это нитрат-ионы  $NO_3^-$ , другими словами, селитра. Мы предположили, что сначала нитрат-ионы протидифундировали в фазу гидрата метана, затем из метана и нитрата в больших структурных полостях образовались N-основания, а в малых — рибозы. Взаимодействие N-оснований с рибозами привело к образованию нуклеозидов. После этого в систему протидифундировали фосфат-ионы, которые раз-

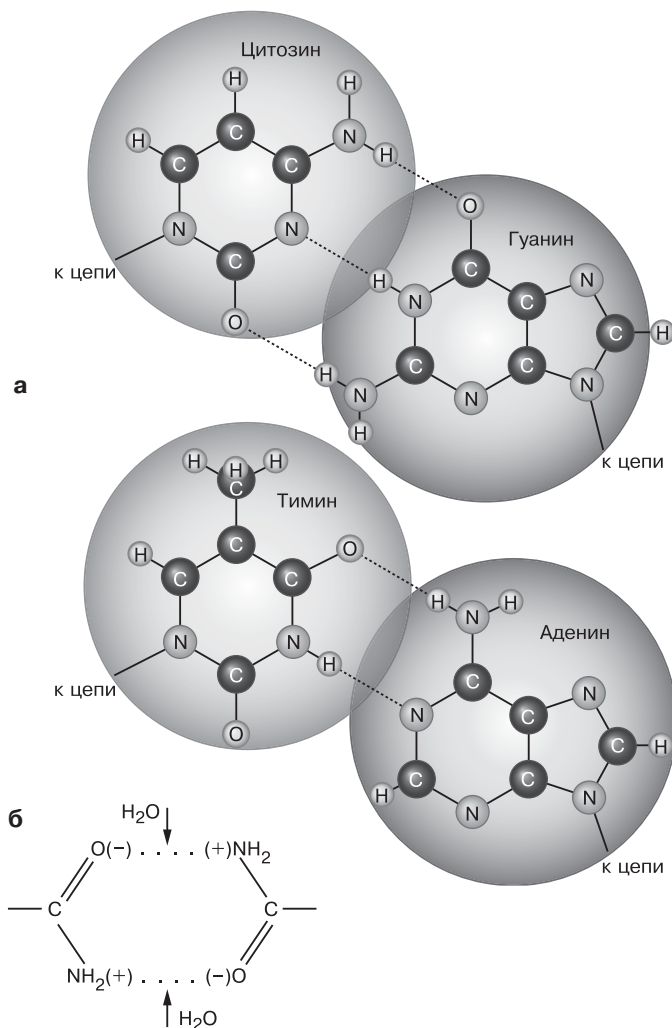
местились в свободных малых полостях между нуклеозидами и замкнули цепи, образовав ДНК- и РНК-подобные молекулы. Отметим, что в земной коре есть много районов, где нитраты соседствуют с газовыми гидратами, а апатиты (поставщики фосфат-ионов) распространены весьма широко.

Что было потом, как получились протоклетки, как и почему они начали делиться? Мы полагаем, что в какой-то период времени или температура в слое гидрата метана начала повышаться, или концентрация воды повысилась выше нормы, и залежи гидрата начали подтаивать. Образовался бульон (мы называем его суперцитоплазмой), содержащий ДНК- и РНК-подобные молекулы, нуклеозиды, нуклеотиды, а также аминокислоты, которые, как и нуклеиновые кислоты, образовались из метана и нитрат-ионов. В этот бульон продолжало поступать «питание» — оставшийся в залежах метан, а также нитрат и фосфат из окружающей среды и вода из тающего гидрата. И тут произошло то, что обычно воспринимается как некое таинство: молекулы ДНК начали самовоспроизводиться (реплицироваться), и возникли простейшие клетки (протоклетки). На самом деле репликация полимеров с функциональными группами известна, и ничего сверхъестественного в подобных процессах нет. На это явление ссылается, например, С.Кауфман, который считает, что саморепликация сложных органических молекул может протекать без каких-либо катализаторов. Мы полагаем, что вначале возникли рибонуклеиновые кислоты, а белки — вторичный побочный продукт их функционирования. Гипотетический механизм появления первых клеток и их деление мы подробно описали в журналах «Успехи физических наук» и «Thermochemica Acta» (ссылки — в конце этой статьи).

Почему же молекулы ДНК монохиральны, то есть почему все рибозы, входящие в их состав, имеют D-конфигурацию? По нашему мнению, это не что иное, как эффект матрицы. Дело в том, что заподимеризованная система термодинамически выгоднее, чем набор мономеров, и, по-видимому, молекулы L-рибозы не могли соединить N-основания с фосфатными группами вследствие геометрических особенностей структурной матрицы. Поэтому в ходе полимеризации молекулы рибозы, синтезированные внутри малых полостей, переструктурировались в D-форму.

Термодинамически это вполне возможно. Рассмотрим две ситуации. Пусть в ходе какой-то реакции синтезируются рибозы. Тогда они (если равновесие в ходе синтеза достигается) будут находиться в равновесном соотношении. Теперь предположим другой вариант, который нам более интересен. Рибозы синтезируются, но D-рибозы все время расходуются в какой-то реакции (в данном случае — в реакции образования нуклеозидов). Этот процесс начнет сдвигать равновесие, будут образовываться все новые D-рибозы. Отбраковка L-рибоз, по-видимому, определяется геометрией матрицы, то есть L-рибоза геометрически не может связать N-основания с фосфатными группами. Это предположение можно проверить с помощью компьютерного моделирования.

Итак, ЛОН-гипотеза основана на трех главных предположениях. Во-первых, в природе существует трехмерная геометрическая матрица с полостями разных размеров, соответствующими размерам функциональных групп молекул ДНК и РНК, которая способна формировать сразу много молекул нуклеиновых кислот, сходных по строению, но различающихся по последовательности присоединения N-оснований. Матрица довольно широко распространена в природе и строго детерминирована, но вместе с тем может несколько видоизменяться в зависимости от окружающих условий. Глубоко под поверхностью земли условия гораздо стабильнее, чем на границе раздела фаз Зем-



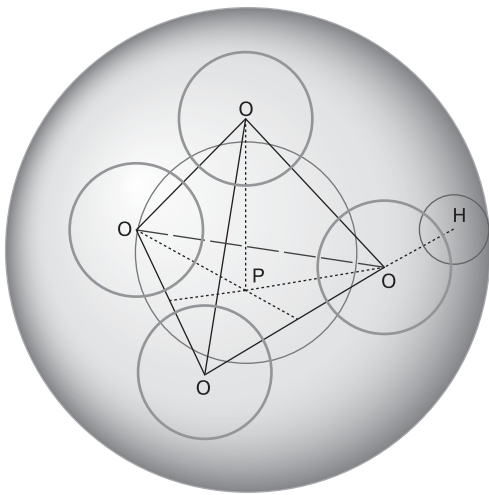
4 *Азотистые основания двойных спиралей ДНК масштабно вписываются в полость гидрата метана (а), связывание молекул полиакриламида (б)*

ля-атмосфера, и это благоприятно для протекания длительных однонаправленных процессов. Во-вторых, в ячейках матрицы изначально присутствуют атомы, которые в результате химических реакций с веществами, диффундирующими внутрь матрицы, способны образовывать молекулы ДНК и РНК. Поэтому достаточно лишь одного добавочного вещества для синтеза N-оснований, рибоз и аминокислот и еще одного вещества — для синтеза нуклеиновых кислот и белков. В-третьих, монохиральность, присущая биологическим объектам, задана геометрией матрицы, в которой образуются нуклеиновые кислоты.

Формулируя гипотезу, мы исходили из того, что живая материя зародилась именно на нашей планете, а не в недрах Вселенной и что она возникла из неорганических и простейших органических веществ. Мы полагаем, что живая материя возникала многократно и, возможно, образуется и в наше время там, где есть подходящие условия и соседствуют необходимые исходные минеральные вещества.

В этой статье невозможно рассказать о том, как в суперцитоплазме образовались первые клетки. Об этом написано в наших научных публикациях. В одной из них мы предложили гипотетический механизм функционирования и воспроизводства клеток (митоза эукариот и двойного деления прокариот).

Мы упоминали, что природа идет по простейшему пути. Простейший путь — это путь, ведущий неуклонно к убыли



5  
*В малой полости гидратной структуры уместается фосфатная группа*

свободной энергии системы. Природе некуда спешить, и после каждого шага она дожидается установления термодинамического равновесия и затем делает следующий шаг. Поэтому, по нашему мнению, термодинамический подход необходим при проверке возможности предполагаемых шагов, сделанных природой в прошлом. И мы широко используем этот подход. Оговоримся, что, анализируя направление, в котором шла природа при создании живой материи, мы можем использовать лишь приближенные термодинамические расчеты, но степень приближения достаточна, чтобы сделать определенные выводы и выявить тенденции.

Главный вывод, который следует из термодинамических расчетов, состоит в том, что образование любых биомолекул (включая ДНК, РНК и белковые тела) из метана, нитратов и фосфатов возможно без притока энергии извне, причем относительные концентрации N-оснований в ДНК и РНК могут варьировать в очень широких пределах. Расчеты также показали, что именно по термодинамическим критериям природа отбирала N-основания (среди тех из них, которые могут разместиться в больших полостях гидрата), чтобы включить их затем в состав нуклеиновых кислот.

## Что дальше?

ЛОН-гипотеза кардинально решает вопрос о том, какие нуклеиновые кислоты появились раньше — ДНК или РНК. Мы полагаем, что ДНК и РНК возникали одновременно и были локализованы в одних и тех же местах, причем таких мест было немало на протяжении истории Земли. Вначале возникли ДНК и РНК, затем белки, а не наоборот! Первые элементы живой материи и нуклеиновые кислоты образовались в недрах Земли в твердой фазе, это был синтез множества молекул ДНК и РНК с разным набором N-оснований, но одинаковой структурой, которая задавалась структурой матрицы.

Известны природные явления, которые свидетельствуют в пользу ЛОН-гипотезы. В акватории Тихого океана и вдоль побережья Центральной Америки, где дно находится под слоем воды от 427 до 5086 м, живут огромные колонии микроорганизмов в грунте под дном океана. В каждом кубическом сантиметре находится до нескольких миллионов бактерий *Bacteria* и *Archaea*. Бурение грунта проводили до глубины 400 м, и концентрация бактерий не уменьшалась в интервале глубин 100—400 м. Поддонные грунты, в которых обитают бактерии, содержат гидрат метана, а на материке вдоль береговой линии находятся ло-



кализации нитратов натрия и калия. Вполне вероятно, что именно взаимодействие гидрата метана с селитрой под океанским дном привело к образованию N-оснований и D-рибоз, которые затем реагировали с фосфатами с образованием ДНК и т. д. В этом случае наличие бактерий под океанским дном подтверждает нашу гипотезу.

Другой факт, свидетельствующий в пользу ЛОН-гипотезы, состоит в следующем. Согласно публикациям, газ, отобранный для анализа из поддонных локализаций гидрата метана, содержит значительные количества азота и очень небольшие количества кислорода. В одном месторождении газ содержал 4% N<sub>2</sub> и 0,005% O<sub>2</sub>, а в другом — 11,4% N<sub>2</sub> и 0,2% O<sub>2</sub>. Отношения между концентрациями N<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> много выше, чем соответствующие отношения концентраций в атмосферном воздухе, и очевидно, что азот не мог попасть в образцы из атмосферы в процессе отбора или хранения проб. Возможные источники элементарного азота внутри земной коры немногочисленны, и вполне вероятно, что он был восстановлен из нитратов метаном или другим углеводородом в соответствии с предполагаемыми нами реакциями, которые привели к образованию элементов живой материи.

Известны и эксперименты, которые могут быть объяснены на основании ЛОН-гипотезы.

Нельзя исключить, что в наши дни существуют подземные или подводные природные биологические лаборатории где-нибудь в прибрежных районах Юго-Восточной Евразии, в районе великих китайских рек или где-то еще. Возможно, именно они являются источниками новых вирусов, которые обнаруживают время от времени в природе.

Одна из важных особенностей нашей гипотезы состоит в том, что ее можно проверить с помощью компьютерных и лабораторных экспериментов. С помощью трехмерного компьютерного моделирования можно выяснить, насколько совместимы структуры гидрата метана и нуклеиновых кислот, и проверить наше предположение о природе монохиральности. Лабораторный эксперимент может привести к синтезу элементов живой материи. Такой эксперимент прост по идейному содержанию, хотя и не столь прост по приборному оформлению. Надо создать соответствующее давление метана над водой, селитрой и фосфатом в абиотическом автоклаве, термостатированном при температуре чуть выше, чем 273 К (при 273 К равновесное давление метана над его гидратом равно 25,9 атм.) и снабдить его клапаном сброса избыточного давления и оборудованием, позволяющим многократно выполнять химические анализы. А дальше — запастись терпением. Конечно, сначала надо решить технические проблемы: придумать, как долгое время поддерживать абиотические условия, отладить аналитические методики и т. д. Однако игра стоит свеч.

### Что еще можно почитать на эту тему:

- «Успехи физических наук», 177 (2007) 183–206.
- «Thermochimica Acta», 441 (2006) 69–78.





Коллаж М.Левицкого

# Одна молекула и семь нобелевских лауреатов

*У римлян ни за что не хватило бы времени на завоевание мира, если бы им пришлось сперва изучать латынь.*

Генрих Гейне

В истории химии случались события, по своему драматизму напоминавшие штурм неприступной вершины, на которую одновременно по различным маршрутам пытаются взойти независимые группы альпинистов. Речь пойдет о получении инсулина. Синтез этого соединения был хорошо подготовлен (это напоминает базовые, промежуточные лагеря альпинистов), но не теми, кто

Кандидат химических наук  
**М.М.Левицкий**





вышел на покорение вершины, а основательными работами исследователей-предшественников. Развитие химии инсулина получило в наши дни продолжение, которое совершенно не могли предугадать те, кто его создавал. С этой популярнейшей молекулой XX столетия связаны имена семи нобелевских лауреатов.

### Белок, спасающий жизнь

В середине XX столетия инсулин изучали очень интенсивно. Оказалось, что именно этого гормона не хватает при сахарном диабете. Инсулин запускает процессы, обеспечивающие проникновение глюкозы в клетки, а также стимулирует внутриклеточные механизмы, ответственные за усвоение глюкозы. Когда инсулина не хватает, глюкоза не расходуется клетками, а значит, накапливается в крови и через почки выводится мочой. Больной худеет, у него выделяется слишком много мочи, он постоянно хочет пить и есть. Организм старается компенсировать дефицит калорий, которые он теряет в виде глюкозы с мочой, и начинает использовать жировые запасы и тканевые белки (главным образом мышечные). Возникают утомление, сонливость, тошнота. Если диабет не лечить, то больной погибает.

Сахарным диабетом болеют во всех странах, представители всех рас. Самое раннее его описание сделали примерно 3000 лет назад в Древней Индии, но более подробно симптомы болезни описали в I веке н. э., назвав ее от греческого *diabatas* — истечение. Это заболевание планомерно изучали не одно столетие. В XVII веке английский врач Томас Уиллис обнаружил, что моча у пациентов с такими симптомами сладковатая (он был настоящим ученым). Картина начала проясняться после опытов французского физиолога Клода Бернара (1813–1878) и немецких физиологов Йозефа фон Меринга и Оскара Минковского (1889), которые наблюдали собак с удаленной поджелудочной железой. Тогда стала очевидной

связь между поджелудочной железой и сахарным диабетом.

Физиологи предположили, что поджелудочная железа вырабатывает вещество, которое ответственно за усвоение в организме глюкозы, а в 1916 году немецкий физиолог Шарпи-Шафер назвал это гипотетическое вещество «инсулином» (от латинского *инсула* — «островок», поскольку в поджелудочной железе группы клеток называли островками Лангерганса). В 1921 году трое канадских исследователей Джон Маклеод, Фредерик Бантинг и Чарльз Бест смогли выделить инсулин из поджелудочной железы подопытных животных. Первые же опыты показали, что если ввести полученный препарат собакам с удаленной поджелудочной железой, то у них снижается уровень сахара в крови и заметно улучшается состояние. Первым пациентом, получившим инсулин 11 января 1922 года (знаменательная дата в истории мировой медицины), был четырнадцатилетний канадец Леонард Томпсон, страдавший тяжелой формой диабета.

В 1923 году Маклеод и Бантинг получили за открытие инсулина Нобелевскую премию по физиологии и медицине. Беста не оказалось в списке лауреатов, и Бантинг отдал ему половину полученных денег. С 1926 года было налажено серийное производство инсулина, и тысячи больных сахарным диабетом, ранее обреченных на смерть, смогли вести сравнительно нормальную жизнь.

### От медицины к химии

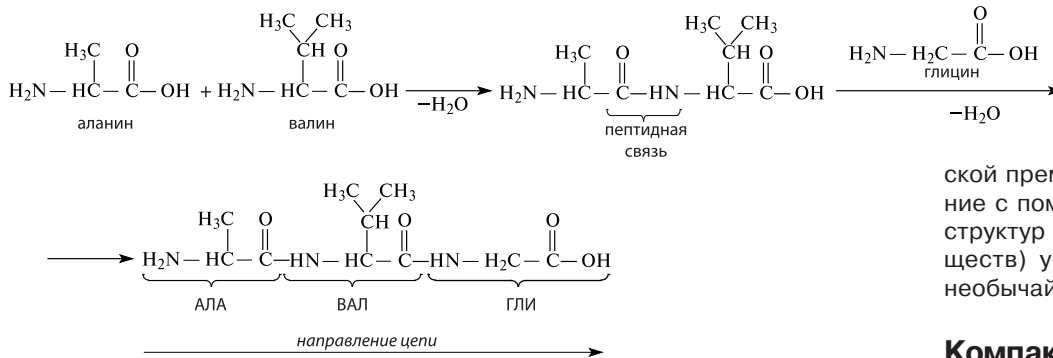
Физиологи Маклеод, Бантинг и Бест использовали для лечения больных экстракт поджелудочной железы животных, но у химиков несколько иной подход — их всегда интересовало, как именно устроено то или иное соединение. Впервые инсулин в кристаллическом виде сумел выделить в 1926 году Джон Абель, именно благодаря его работам удалось наладить промышленное производство лекарства. Абель также определил состав (но не строение) инсулина, после чего

стало понятно, что это молекула белка. Начиная с этого момента исследование инсулина переходит из рук медиков к биохимикам.

Необходимо было выяснить, как устроена молекула, привлекавшая внимание столь большого числа исследователей. Эту задачу решил американский биохимик Фредерик Сенгер, который в 1958 году получил Нобелевскую премию «за работы по структуре протеинов, особенно инсулина». Вначале он разработал способ, с помощью которого можно было определить природу концевой группы в белковой молекуле (этот метод стал классическим — обработка в щелочной среде динитрофторбензолом). Потом он буквально разобрал на части всю молекулу инсулина и определил состав полученных аминокислот с помощью самых современных методов — электрофореза, разработанного Арне Тиселиусом (Нобелевская премия 1948 года), и хроматографии, усовершенствованной Арчером Мартином и Ричардом Сингом (нобелевские лауреаты 1952 года). Однако установить, из каких аминокислот собран белок, — лишь половина дела, притом менее сложная. Главное — выяснить их последовательность в цепи.

Сенгер разработал план, по которому с помощью специально подобранных ферментов расщеплял цепь в разных заранее намеченных участках на небольшие отрезки, а потом сопоставлял их состав. Работа представляла собой безупречное сочетание логики и экспериментального мастерства. Свой метод Сенгер довел буквально до совершенства, и со временем он стал классическим при исследовании структуры белков.

Отметим, что Сенгер на этом не остановился. Применив похожие логические построения, а также несколько изменив методику и реагенты, он сумел установить последовательность нуклеотидов в ДНК. За эти исследования в 1980 году Сенгеру (совместно с Уолтером Гилбертом и Полом Бергом) была присуждена Нобелевская премия. На сегодня — Сен-



**1**  
**Так образуется цепь аминокислот**

гер единственный дважды нобелевский лауреат по химии. Никто в то время не мог предположить, что эти исследования ДНК позволят со временем открыть новую страницу в химии инсулина, но об этом речь несколько позже.

Американский биохимик Винсент дю Виньо, в течение нескольких лет изучавший инсулин, узнав о работах Сенгера по расшифровке структуры, решил воспользоваться его методикой, однако пошел дальше. Он не только установил строение двух гормонов (вазопрессина и окситоцина), но и сумел их синтезировать. Фактически он первый сумел синтезировать природные полипептиды. Эту его работу также отметили Нобелевской премией 1955 года, то есть он получил премию на три года раньше Сенгера, чьи идеи помогли ему добиться столь великолепного результата. Работы дю Виньо фактически открыли дорогу к синтезу инсулина,

но его молекула была сложнее, чем два уже полученных гормона, кроме того, еще не были разработаны способы, позволяющие связать две полипептидных цепи дисульфидными мостиками.

Тем временем оказалось, что цинковый комплекс из нескольких молекул инсулина (так называемый Zn-инсулин) обладает более длительным лечебным действием. Строение этого комплекса оказалось весьма сложным (он содержит почти 800 атомов), поэтому были привлечены физико-химические методы анализа. В 1972 году английский биофизик Дороти Кроуфут-Ходжкин (лауреат Нобелев-

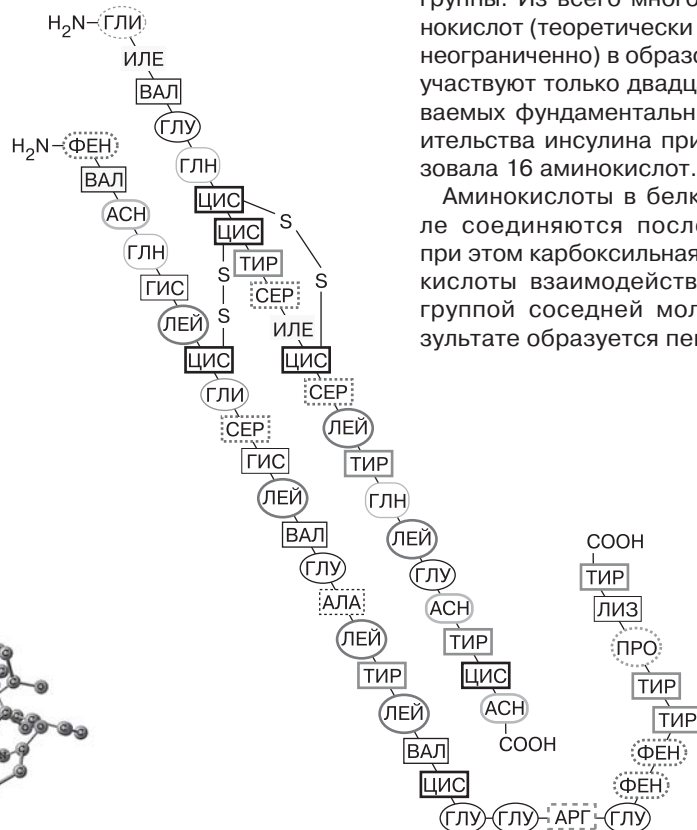
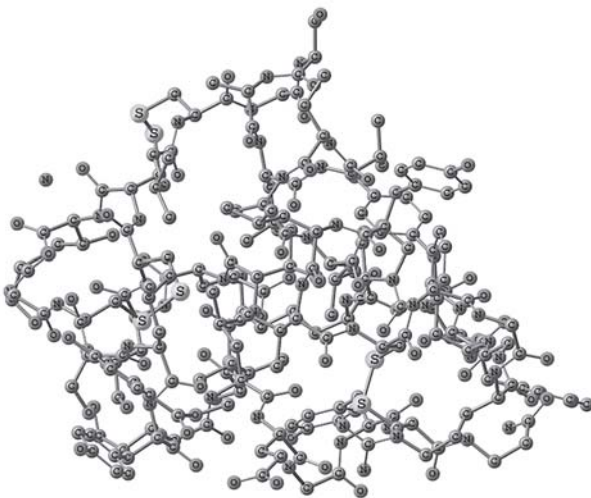
ской премии 1964 года за определение с помощью рентгеновских лучей структур биологически активных веществ) установила структуру этого необычайно сложного комплекса.

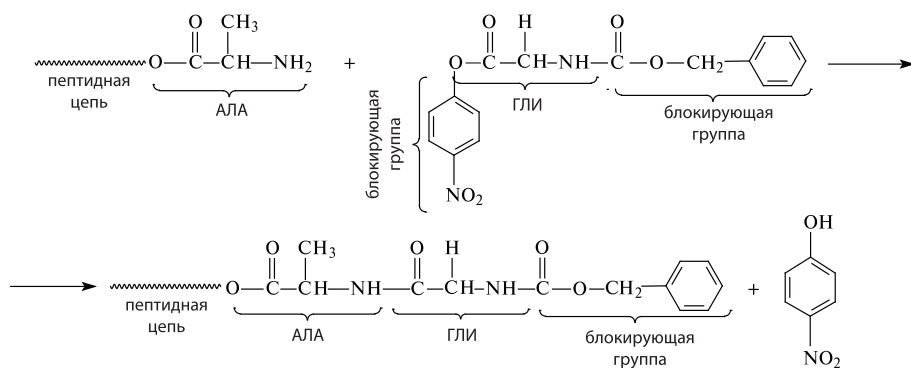
**Компактный язык биохимиков**

Прежде чем мы рассмотрим строение молекулы инсулина, вспомним, как биохимики изображают молекулы белков. Все белки — это полимеры, цепи которых собраны из остатков аминокислот. В состав аминокислот входят аминогруппа NH<sub>2</sub> и карбоксильная группа COOH. В образовании белков участвуют только такие аминокислоты, у которых между амино- и карбоксильной группой — всего один углеродный атом (общий вид формулы: H<sub>2</sub>N-CH(R)-COOH). Группа R, присоединенная к атому углерода между амино- и карбоксильной группой, определяет различие между аминокислотами, образующими белки. Эта группа может состоять только из атомов углерода и водорода, но чаще содержит различные функциональные группы. Из всего многообразия аминокислот (теоретически их количество неограниченно) в образовании белков участвуют только двадцать, так называемых фундаментальных. Для строительства инсулина природа использовала 16 аминокислот.

Аминокислоты в белковой молекуле соединяются последовательно, при этом карбоксильная группа одной кислоты взаимодействует с аминогруппой соседней молекулы, в результате образуется пептидная связь

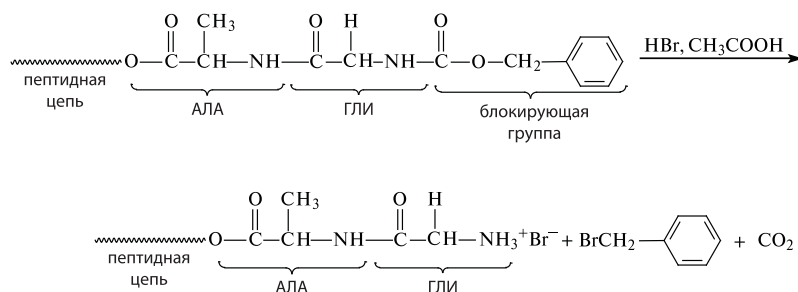
**2**  
**Пространственная модель молекулы инсулина и ее условное изображение**





3

### Сборка белковой молекулы: присоединение первой аминокислоты



4

### Сборка белковой молекулы: присоединение второй аминокислоты

—CO—NH— и выделяется молекула воды (рис. 1). Получается, что при любом количестве соединяемых аминокислот на одном конце цепочки обязательно будет находиться аминогруппа, а на другом — карбоксильная. Вместо структурной формулы часто используют сокращенное обозначение, например АЛА-ВАЛ-ГЛИ, что означает последовательность аминокислот «аланин-валин-глицин». Поскольку аминокислот, используемых природой, всего двадцать, то так можно компактно записать формулу любого белка, и никакой неясности при этом не возникает.

Молекула инсулина, как установил Ф.Сенгер, состоит из 51 аминокислотного остатка и представляет собой две соединенные между собой параллельные цепи неодинаковой длины (рис. 2). Обратите внимание, что входящие в цепь остатки аминокислоты цистеина (ЦИС) образуют дисульфидные мостики —S—S—, которые связывают две полимерных молекулы и, кроме того, образуют перемычку внутри одной цепи. Если сравнить изображение, принятое в биохимии, и формулу в виде объемной шаростержневой модели, то очевидно, что первое — компактно и очень удобно.

## От демонтажа к сборке

Казалось бы, после того, как установлена структура молекулы, синтезировать ее заново не составит большого труда. Ведь если изделие собрано на резьбе, то разобрать и собрать его несложно, нужна лишь отвертка или гаечный ключ. Но если это отливка или сварное изделие, то разобрать или распилить, а затем собрать вновь совсем непросто. В этом случае разборка и сборка — совершенно разные по способам решения задачи.

Основная трудность при сборке белковой молекулы — добиться, чтобы необходимые аминокислоты соединились строго в намеченном порядке. При этом следует помнить, что каждая аминокислота может реагировать не только с другой аминокислотой, но и сама с собой, поэтому в итоге может получиться молекула, не имеющая ничего общего с тем, что синтезирует живой организм.

К моменту, когда решался вопрос о синтезе инсулина, было разработано несколько соответствующих методик. Чтобы аминокислота, которую намечено было присоединить к растущей цепи, не реагировала сама с собой, ее реакционноспособные концы (ами-

ногруппу NH<sub>2</sub> и карбоксильную группу COOH) блокировали специальным образом: карбоксильную группу переводили в *p*-нитрофениловый эфир, а со стороны аминогруппы присоединяли карбоксибензильную группу. Такая блокированная молекула реагировала с аминогруппой, находящейся на конце растущей цепи (рис. 3). В результате цепь удлинялась на одно пептидное звено.

Однако теперь на конце цепи разместились блокирующая карбоксибензильная группа. Из показанной выше схемы следует, что цепь наращивают со стороны «аминного» конца этой цепи — того, который оказался заблокированным. Следовательно, нужно сделать этот «аминный хвост» реакционноспособным, то есть перевести его в активную форму. Это делали с помощью бромоводорода с уксусной кислотой (рис. 4). В результате аминогруппа на конце цепи вновь готова реагировать с очередной аминокислотой (естественно, тоже содержащей блокирующие группы). Параллельно были разработаны также несколько иные методы сборки полиамидных цепей.

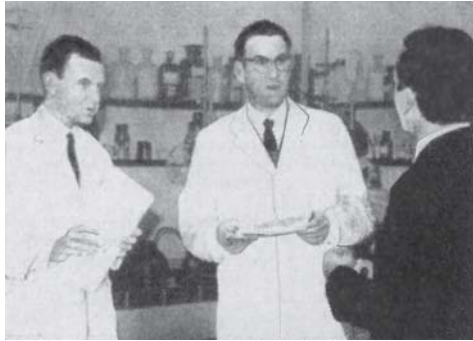
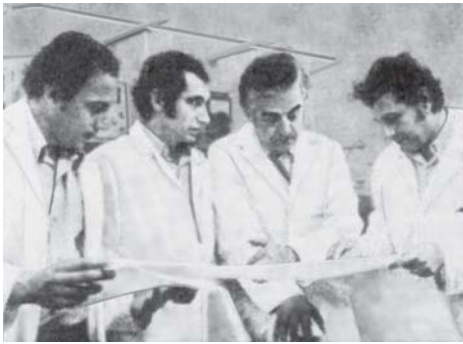
## Штурм вершины

Полный синтез инсулина в 1962 году начали практически одновременно три группы исследователей: группа Панайотиса Кацюянниса в Питсбурге (США), группа Гельмута Цана в Аахене (Германия), а также группа китайских химиков в Шанхае и Пекине. Все три группы действовали схожим образом: собирали отдельно короткую и длинную цепи из заготовленных фрагментов, а затем соединяли их дисульфидными мостиками.

Короткую цепь все три группы собирали одинаково, то есть из одних и тех же двух блоков: 1-й блок — ГЛИ-ИЛЕ-ВАЛ-ГЛУ-ГЛН-ЦИС-ЦИС-ТИР-СЕР; 2-й — ИЛЕ-ЦИС-СЕР-ЛЕЙ-ТИР-ГЛН-ЛЕЙ-ГЛУ-АСН-ТИР-ЦИС-АСН.

Длинную цепь собирали из четырех блоков, однако длина этих блоков у разных групп несколько различа-



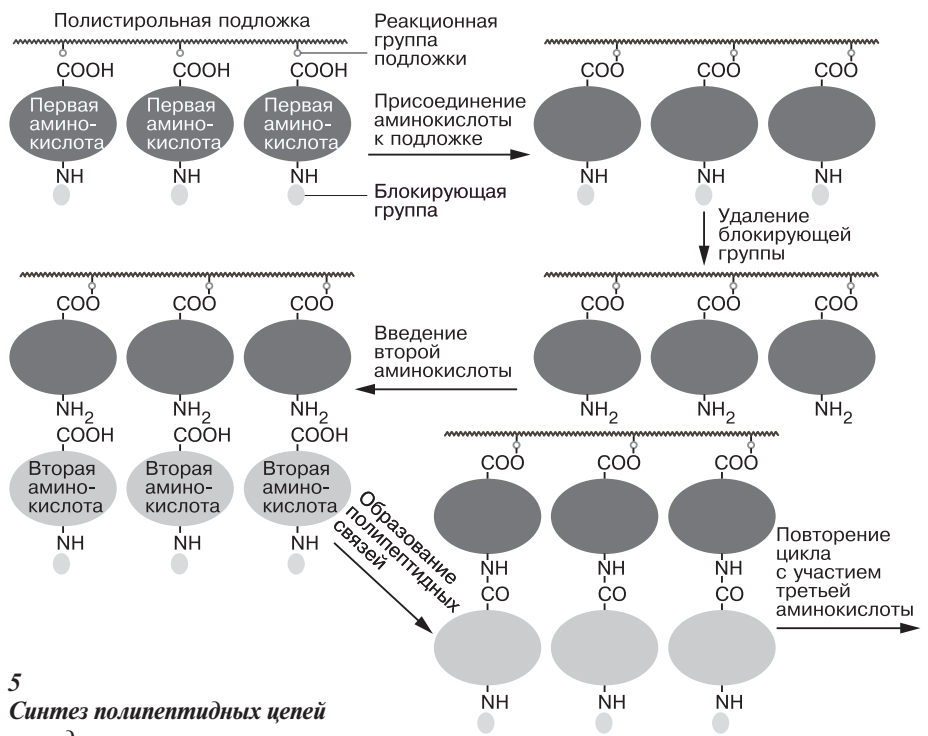


*Молекулу инсулина синтезировали одновременно несколько групп. Питсбургская группа (вверху), Аахенская группа (внизу)*

лась, и одинаковым у всех авторов оказался только четвертый блок (см. таблицу).

Различия возникли из-за того, что неодинаковыми были и методы соединения блоков, и методы промежуточной защиты. Естественно, на последнем этапе у всех авторов получились одинаковые цепи. Приблизительно год ушел на создание исходных блоков. Поскольку конкуренты явно поджимали, аахенская группа стала работать быстрее и в декабре 1963 года сообщила об успешном синтезе инсулина. Немцы буквально вырвали первенство у питсбургских химиков, которые сообщили об успешном результате в марте 1964 года. Окончательный выход чистого продукта колебался от 0,02 до 0,07%. У китайских химиков выход был несколько выше (1,2–2,5%), но, разумеется, о промышленном производстве инсулина по таким методикам не могло быть и речи.

Вернемся к началу нашего рассказа, то есть к аналогии с альпинизмом. Самые высокие вершины мира находятся в Гималаях — там четырнадцать восьмимысячников (вершин с высотой более 8000 м). Покорение каждой из этих вершин было крупным событием. Вершину Чо-Ойю (8158 м) в 1954 году пытались покорить одновременно австрийская и швейцарская экспедиции, причем обе видели друг друга издали. Острое желание не упустить при-



оритет восхождения вынудило австрийцев поторопиться и начать раньше намеченного нелегкий штурм, который увенчался полной победой. Вся слава обычно достается первым, и это вполне заслуженно — они снимают психологический барьер, показывая всем последователям, что задачу можно решить.

Синтез инсулина стал убедительной победой классической синтетической химии пептидов. Несмотря на низкий выход продукта, все признавали, что была проделана выдающаяся работа, которая позволила изменить образ мышления химиков, сформулировать новые принципы сборки больших молекул, отработать стратегию синтеза. Все это заметно повысило общий уровень органической химии. Тем не менее истинного триумфа не получилось, потому что почти одновременно с успешным завершением этих работ появилась принципиально иная, более совершенная методика сборки белковых молекул.

## Главное — закрепить хвост

Профессор Рокфеллеровского университета (Нью-Йорк) Роберт Меррифилд, занимаясь химией белков, высказал оригинальную идею: первую аминокислоту можно закрепить одним концом на нерастворимой поверхности. Затем надо присоединить к другому ее концу следующую аминокислоту, при этом нежелательные побочные продукты и промежуточные реагенты, не вступившие в реакцию, можно будет вымывать из реакционного сосуда после каждой стадии, а растущий полипептид, прикрепленный к носителю, останется при этом незатронутым. Молекулы растущих полипептидов будут подвешены «за хвост» к твердой поверхности, а когда процесс синтеза завершится, конечный полипептид можно отделить от носителя (рис. 5).

Меррифилду удалось реализовать эту идею. Первую аминокислоту присоединили к нерастворимому полимерному гелю (сшитый полистирол) с

|                                 | 1-й блок  | 2-й блок                                  | 3-й блок                            | 4-й блок  |
|---------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|
| Аахенская группа                | ФЕН-ВАЛ-<br>-АСН-ГЛН-<br>-ГИС-<br>-ЛЕЙ-ЦИС-<br>-ГЛИ     | СЕР-ГИС-ЛЕЙ-<br>-ВАЛ-ГЛУ-<br>-АЛА         | ЛЕЙ-ТИР-ЛЕЙ-<br>-ВАЛ-ЦИС-<br>-ГЛУ   | ГЛУ-АРГ-ГЛУ-<br>-ФЕН-ФЕН-<br>-ТИР-ТИР-<br>-ПРО-<br>-ЛИЗ-ТИР |
| Питсбургская группа             | ФЕН-ВАЛ-<br>-АСН-ГЛН-<br>-ГИС-<br>-ЛЕЙ-ЦИС-<br>-ГЛИ-СЕР | ГИС-ЛЕЙ-<br>-ВАЛ-<br>-ГЛУ                 | АЛА-ЛЕЙ-ТИР-<br>ЛЕЙ-ВАЛ-<br>ЦИС-ГЛУ | ГЛУ-АРГ-ГЛУ-<br>-ФЕН-ФЕН-<br>-ТИР-ТИР-<br>-ПРО-<br>-ЛИЗ-ТИР |
| Пекинская-<br>Шанхайская группа | ФЕН-ВАЛ-<br>-АСН-ГЛН-<br>-ГИС-ЛЕЙ-<br>-ЦИС-<br>-ГЛИ     | СЕР-ГИС-ЛЕЙ-<br>-ВАЛ-ГЛУ-<br>-АЛА-ЛЕЙ-ТИР | ЛЕЙ-ВАЛ-<br>-ЦИС-<br>-ГЛУ           | ГЛУ-АРГ-ГЛУ-<br>-ФЕН-ФЕН-<br>-ТИР-ТИР-<br>-ПРО-<br>-ЛИЗ-ТИР |



введенными в него хлорметильными группами  $-\text{CH}_2\text{Cl}$ , которые реагировали с  $\text{COOH}$  — группами аминокислоты. Чтобы взятая для реакции аминокислота не прореагировала сама с собой или не присоединилась  $\text{H}_2\text{N}$ -группой к подложке, аминогруппу предварительно блокируют объемистым заместителем  $[(\text{C}_4\text{H}_9)_3]_3\text{OC(O)}$ -группой. После того как аминокислота присоединилась к полимерной подложке, блокирующую группу удаляют и в реакционную смесь вводят другую аминокислоту, у которой также предварительно заблокирована  $\text{H}_2\text{N}$ -группа. В такой системе реагируют только  $\text{H}_2\text{N}$ -группа первой аминокислоты и  $\text{COOH}$ -группа второй. Далее всю схему повторяют, пока не получится нужная длина цепи. На последней стадии полученные полипептидные цепи отделяют от полистирольной подложки с помощью  $\text{HBr}$  в присутствии трифторуксусной кислоты  $\text{F}_3\text{CCOOH}$ .

Меррифилд не только экспериментально проверил эффективность метода, но и сконструировал аппарат, который практически автоматизировал пептидный синтез. Это устройство выглядело как контейнер с автоматическими впускным и выпускным клапанами и программным механизмом, который регулировал последовательность реакций и длительность каждой стадии.

Вернемся снова к покорению вершины Чо-Ойю. За два года до того, как на нее взойшли австрийские альпинисты, экспедиция английского альпийского клуба пыталась покорить эту вершину. На высоте 6600 м альпинисты увидели перед собой гигантский ледяной сброс, преградивший путь. Решив, что для преодоления препятствия потребуется несколько недель, альпинисты отменили восхождение. Через два года шерп-носильщик Пазанг Дава-Лама, находящийся в составе австрийской экспедиции, сумел преодолеть этот ледяной сброс всего за час — просто он нашел правильный путь.

Часто иной подход к решению задачи делает возможным невозможное. С помощью своего аппарата Меррифилд и его коллеги синтезировали

инсулин всего за 20 дней (при этом с выходом в десятки процентов), в то время как «первопроходцы» — аахенская, питсбургская и шанхайская группы — затратили на это больше года.

В 1985 году Меррифилд «за развитие методологии твердофазного химического синтеза» был удостоен Нобелевской премии.

### Копируем природу

Во время всех этих исследований химиков не оставляла мысль, что задачи, над которыми они бьются, природа решает легко и исключительно аккуратно. Ведь синтез белков в живых организмах проходит в мягких условиях, быстро и без побочных продуктов. До определенного момента химики лишь с удивлением и интересом наблюдали за подобными синтезами, однако стремительное развитие биохимии позволило активно вмешаться в эти процессы и найти принципиально новый способ синтеза инсулина.

Ранее мы упомянули, что Ф.Сенгер, установивший структуру инсулина, сумел определить последовательность фрагментов в структуре знаменитой двойной спирали ДНК, за что получил вторую Нобелевскую премию. Эта работа позволила биохимикам перейти к следующему этапу — встраивать в последовательность ДНК нужные фрагменты. Основная идея состояла в том, чтобы в ДНК некоторых бактерий включать гены высших организмов. В результате бактерии приобретают способность синтезировать соединения, которые прежде могли синтезировать только животные. Такая технология получила название «генная инженерия».

В 1981 году канадского биохимика Майкла Смита пригласили в научные соучредители новой биотехнологической компании «Зимос». Один из первых контрактов фирма заключила с датской фармацевтической компанией «Ново», которая просила разработать технологию производства человеческого инсулина в дрожжевой культуре. В результате совместных усилий это было сделано, и в 1982 году

инсулин, полученный по новой технологии, поступил в продажу. В 1993 году за работы в этой области М.Смит (совместно с К. Муллисом) получил Нобелевскую премию. Сегодня инсулин, полученный методом генной инженерии, практически вытеснил инсулин животных.

### Чьи работы важнее?

Мы познакомились с четырьмя способами получения инсулина: из поджелудочной железы животных (Д.Маклеод), многоступенчатым синтезом (Г.Цан), автоматизированная сборка (Р.Меррифилд), методом генной инженерии (М.Смит). Оставим в стороне медицинский аспект проблемы и сосредоточимся на химии. У вас могло сложиться впечатление, что работы М.Смита обесценили все предшествующие исследования. На самом деле это не так, поскольку все методы неразрывно связаны и ни один из этапов исследований нельзя «выбросить». Инсулин, выделенный из поджелудочной железы животных, позволил Ф.Сенгеру определить его структуру, а без этого никакой последующий синтез был бы невозможен. Группа Цана разработала химические приемы сборки цепей и способы промежуточной блокировки функциональных групп, которыми воспользовался Меррифилд при создании автоматической установки синтеза. Работы Смита, по существу, опирались на весь предшествующий опыт, накопленный при изучении инсулина. При синтезе некоторых короткоцепочечных гормонов автоматическая установка Меррифилда оказалась предпочтительнее, нежели генноинженерные методы.

Обобщая, можно сказать, что все этапы — это естественный, традиционный и, если не бояться торжественных слов, величественный путь науки.



# Два вида научно-популярной литературы

Тонкую книжку «Солнечное вещество» М.П.Бронштейна относят к классике научно-популярного жанра. На это есть много причин. Например, это очень интересная книга, хотя она и посвящена частному вопросу — открытию элемента гелия. Но главное — в этой книге хорошо показана специфика научной работы, и читатель может понять, чем работа ученого отличается от других видов человеческой деятельности.

Один из основных эпизодов — открытие инертного газа аргона. В 1893 году английский физик Джон Уильям Рэлей измерял плотность некоторых газов. Работа рутинная, но когда он измерял плотность азота, то столкнулся с неожиданностью. Он получал азот двумя способами. Сначала удаляя из воздуха кислород. А потом — химическим путем, из аммиака. И полученные значения отличались друг от друга — 1,2565 г/л и 1,2507 г/л. Отличие невелико, но его вообще не должно было быть. Чтобы найти причину, Рэлей стал получать азот разными способами — из окиси азота, из закиси азота, из мочевины и т. д. И во всех случаях плотность полученного химическим способом азота совпадала с плотностью азота, полученного из аммиака.

Рэлей опубликовал письмо в журнале «Nature», в котором обратился к химикам с просьбой разъяснить ему эту загадку, но ответа не получил. Тогда он обратился за консультацией к своему приятелю, профессору химии Уильяму Рамзаю. И во время обсуждений и споров Рамзай предположил, что в воздухе помимо кислорода и азота содержится еще какой-то газ. И это предположение подтвердилось.

На этом примере можно увидеть главную особенность книги. В нем описана тайна, с которой столкнулся в процессе рутинной работы ученый, и показано, как она была раскрыта. Книга «Солнечное вещество» представляет собой серию связанных

между собой детективных рассказов. Начинается она с описания нового способа определения химического состава с помощью спектрального анализа. А где-то в середине книги рассказывается, как с помощью спектроскопа был обнаружен новый элемент — гелий.

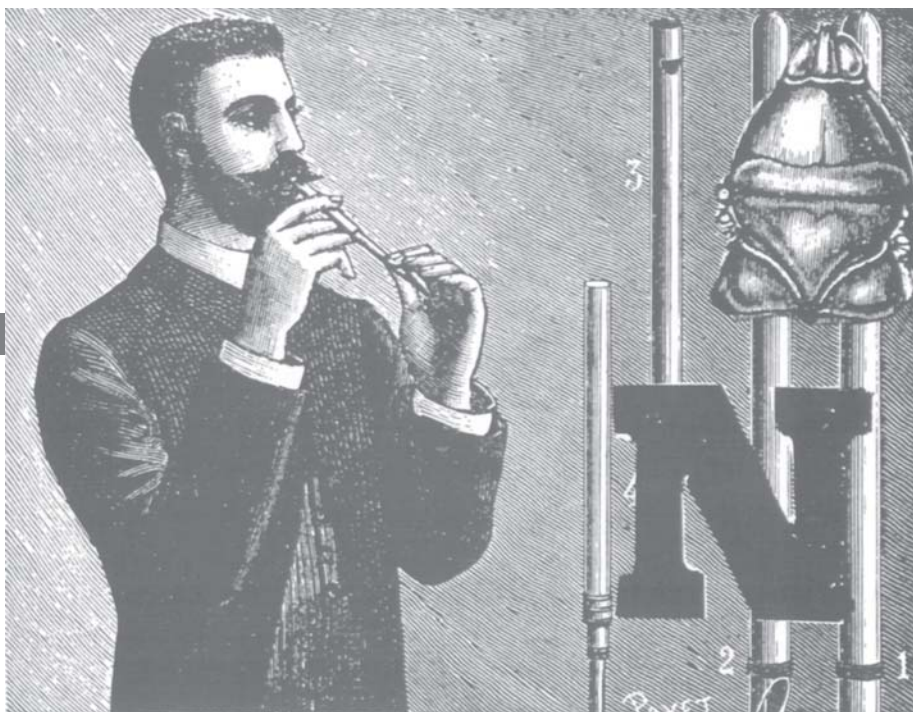
М.П.Бронштейн написал еще две замечательные научно-популярные работы — об открытии рентгеновских лучей и об изобретении радио А.С.Поповым и Г.Маркони. В 2002 году они были изданы все вместе под названием «Солнечное вещество». Они написаны по той же схеме: цепочка открытий, лишь последнее из которых приносит ученому всемирную славу. Статья, посвященная открытию радио, начинается с рассказа о немецком физике Фелддерсене, желавшем измерить время существования электрической искры. Понятно, что в XIX веке не было приборов, измерявших столь малые промежутки времени. Однако исследователь сумел найти чрезвычайно остроумное решение, которое вызывает восхищение читателя. Но дело не только в положительных эмоциях. Читатель видит, как строится логическая цепочка от первых наблюдений до окончательного результата, действительно имеющего большое общенаучное и/или прикладное значение. Даже с чисто воспитательной целью полезно обратить внимание читателя, а тем более читателя-школьника, как осторожны были ученые в своих выводах, как тщательно проверяли они свои гипотезы. Кстати, исследование Рэлая началось с того, что он сравнил результаты вычисления удельного веса азота, полученного двумя разными способами. А зачем он делал двойную работу? Чтобы не сомневаться в точности своих измерений. В высшей степени поучительно и то, что ученые, столкнувшись с непонятным явлением, старались изучить разные варианты этого явления, надеясь найти какие-то закономерности. Точно так же Вильгельм Рентген, обнаружив, что открытые им лучи проходят через картон, стал проверять, про-



ходят ли эти лучи через другие материалы. И далее М.П.Бронштейн, как и в случае с Рэлеем, проследивает логическую цепочку от первых наблюдений до выдающегося открытия. Здесь уместно вспомнить слова А.С.Пушкина: «Следовать за мыслями великого человека есть наука самая занимательная».

У этой замечательной книги есть и другое достоинство — она показывает непредсказуемость научных открытий. Когда Рэлей стал измерять плотность газов, он не мог предположить, что столкнется с тайной. С другой стороны, научное открытие не возникает на пустом месте. Рэлей стал измерять плотности газов тогда, когда появились приборы, позволявшие выполнять эту работу с большей точностью, чем раньше. Весьма существенное значение имело открытие к тому времени спектрального анализа. Читатель видит, что решение большой задачи требует решения определенных частных задач. Остается только пожалеть, что подобные книги не читали в свое время футурологи, бойко предсказывавшие, когда начнется мирное использование термоядерной энергии. Хотя и в наши дни непонятно, какие трудности надо преодолеть для решения этой проблемы. Еще более желательно, чтобы подобные книги читали политики и чиновники, от которых зависит финансирование науки, а также те, от кого зависит государственная политика в области образования.

Достоинства научно-популярных работ М.П.Бронштейна будут особенно заметны, если их сравнить с другой научно-популярной книгой — «Неизбежностью странного мира» Д.Данина, пользовавшейся в свое время очень большим успехом. В ней нет изображения логических цепочек, которые объясняли бы немислимые



особенности странного мира частиц. Конечно, иногда такой цепочки в научно-популярной книге и не могло быть. Скажем, в 1923 году Луи де Бройль, как пишет Данин, «теоретически предсказал, что у частиц вещества есть свойства волн». А потом эти свойства были обнаружены экспериментально. Сначала у электрона, а потом у протона. Выявление волновых свойств электрона — действительно выдающееся открытие. Но вряд ли теоретические построения Луи де Бройля и опыты, которые их подтвердили экспериментально, можно описать так, что они стали бы понятны нефизика. Физика XIX века, о которой писал М.П.Бронштейн, — значительно более благоприятный материал для популяризатора, чем физика XX века.

Но все-таки Данин свою задачу выполнил — написал очень интересную книгу. И по ней можно составить представление о современной физике. У старшеклассника чтение этой книги может вызвать желание стать физиком. Но когда я читал эту книгу, будучи взрослым и зная основные физические факты, о которых в ней рассказывается, то мне бросилось глаза отсутствие тех подробностей, которые делали столь интересной книгу Бронштейна. Например, Данин на двух страницах рассказывает о фотоэффекте. В школьном учебнике этому эффекту уделено немногим больше места, но при этом материал изложен так, что школьник вполне может увидеть логическую цепочку от описания опыта до окончательного вывода.

Похоже, что Д.Данин сознательно упрощал те проблемы, которые стояли перед физиками. Например, он относил к «причудам гения» то, что Вильгельм Рентген долго не признавал существование электрона. Другими словами, Данин игнорирует самый сложный вопрос — что заставляет ученых принять или не принять новую теорию. Действительно, на первый взгляд все кажется простым. В физике критерий истины — опыт. Но опыт может допускать различные интерпретации. Сколько опытов надо проделать, чтобы устранить сомнения? Вопрос, который не имеет общего ответа. Отличить нежелание отказаться от старых предубеждений от требований строгой обоснованности в каждом конкретном случае бывает весьма непросто. По-видимому, сам Данин это понимал, поскольку сам же отметил, что «лишь через десять лет после первых работ Дж. Дж. Томсона нарастающие успехи новой физики заставили непреклонного классика отказаться от старых предубеждений». Но стоило бы уточнить, какие именно успехи убедили Рентгена в существовании электрона.

Кстати, у М.П.Бронштейна можно найти интересную подробность. Оказывается, Рентген открыл свои лучи, изучая прохождение электрического тока через разреженные газы. Целью этой работы было выяснение природы электрического тока. В то время этот вопрос был предметом дискуссии. Часть физиков, среди которых был Генрих Герц, полагали, что ток — это волны. Другие считали его потоком мельчайших заряженных частиц.

Причем свои опыты Рентген проводил в 1895 году, то есть еще до того, как в 1897 году Дж.Дж.Томсон провел свои знаменитые эксперименты, которые большинство физиков восприняло как доказательство существования электрона.

Подводя итог, можно сказать, что книги Д.Данина и М.П. Бронштейна удачно дополняют друг друга. Данин, не углубляясь в детали, рассказал о наиболее выдающихся открытиях физиков XX века. При этом он сумел донести до читателя главное — законы микромира принципиально отличаются от законов макромира, в котором мы живем и к которым привыкли. Отсюда восхищение физиками, которые смогли в этих законах разобраться. И как возможное следствие — желание старшеклассника стать физиком. М.П.Бронштейн ставил перед собой более скромную задачу. Его книга скорее она относится к истории науки, и по ней можно видеть, как ученые получали свои результаты. Кроме того, книга напоминает читателю про принцип «семь раз отмерь, один отрежь», о том, что с выводами торопиться не следует, а это относится к навыкам умственной работы. Короче, эта книга представляет читателю возможность «следовать за мыслями великого человека», а это — позволим себе вновь повторить слова А.С. Пушкина — «есть наука самая занимательная».

В заключение коснемся и мы истории науки. М.П.Бронштейн пал жертвой сталинского террора (арестован в 1937 году и в 1938 расстрелян), Д.С.Данину повезло — в период «борьбы с космополитизмом» (1949) был подвергнут критике и до разоблачения культа личности не мог печататься. Сегодня их книги можно найти и купить — на сайте [www.alib.ru](http://www.alib.ru), на [www.ozon.ru](http://www.ozon.ru), на других... Было бы желание.

**И.И.Гольдфаин**

# Шекспировы сонеты: загадка Посвящения

Л.И.Верховский

*Ровно четыреста лет назад, в 1609 году, вышло первое издание «Сонетов» Уильяма Шекспира — одна из самых таинственных книг в истории литературы. В перечень ее многочисленных загадок входит и необычное Посвящение*

## Точки, точки, точки

До наших дней сохранились 13 экземпляров этого 80-страничного поэтического сборника формата ин-кварто в мягкой обложке. В нем тесно, вплотную друг к другу напечатаны 154 сонета, а после них большое стихотворение «Жалоба влюбленной». Книгу отличают очень плохая полиграфия (изношенные литеры), а также огромное количество ошибок и опечаток. Однако открывают ее тщательно выполненные титульный лист и Посвящение.

Сверху титул украшен орнаментом, под которым крупным шрифтом набран заголовок «Шекспировы сонеты». Затем идет строка «Никогда прежде не печатавшиеся», а внизу — выходные данные, указывающие, что над книгой работал печатник Дж.Элд для издателя, скрывшегося за инициалами Т.Т.; затем сведения о месте продажи книги — Лондон, 1609.

Следующий лист отведен Посвящению. Оно весьма странно по форме: после каждого слова стоит точка, других же знаков препинания нет. Отсутствие нормальной пунктуации затрудняет его понимание, к тому же некоторые слова и выражения сами по себе нельзя истолковать однозначно.

Так, *begetter* может означать «вдохновитель» (стихов), «податель» (рукописи для издателя) и даже «создатель» (автор); *onlie* — «единственный» (в числе) или «исключительный», «замечательный» (в смысле достоинств). Слово сочетание *in setting forth* можно трактовать как «выставивший их напоказ» или «издавший их», но также «находясь в точке отправления» (отправляясь в путь).

Предложено много вариантов перевода на русский, вот один из них: «Единственному вдохновителю нижеследующих сонетов мистеру W.H. всякого счастья и той вечности, обещанной нашим вечно живым поэтом, желает доброжелатель, рискнувший выставить их напоказ. Т.Т.» Как видим, довольно корявая фраза, и все попытки сделать ее ясной и гладкой пока к успеху не привели.

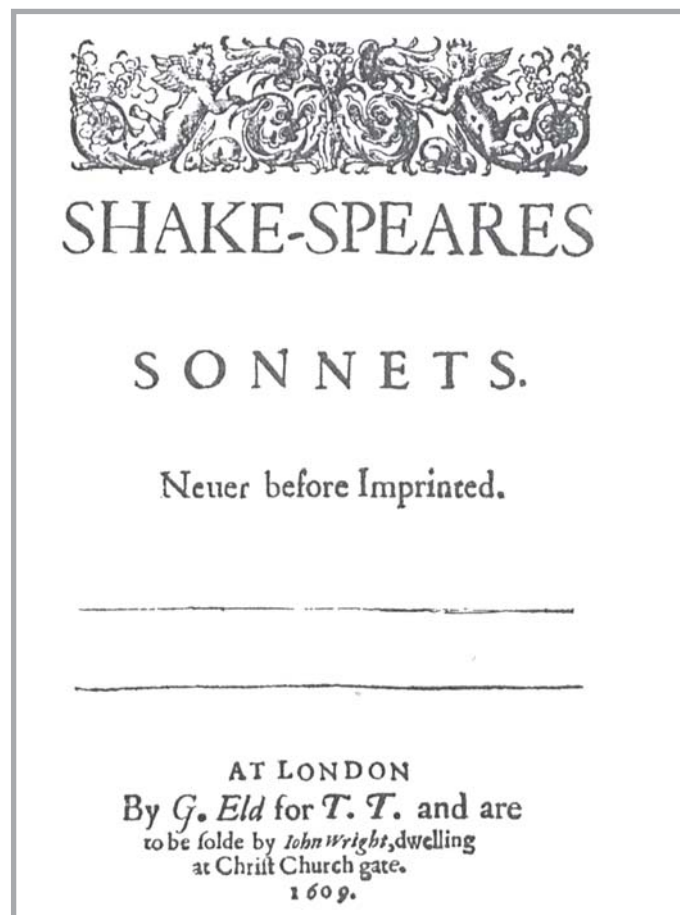
Кто есть «Mr W.H.», которому адресовано послание (Mr — либо мистер, то есть «господин», либо мастер, что значит «дворянский сын»)? Главные претенденты, по общему мнению, двое вельмож — Уильям Герберт (William Herbert), граф Пембрук и Генри Ризли (Henry Wriothesley), граф Саутгемптон. Инициалы первого как раз W.H., а второго — H.W.

Что можно сказать о Т.Т., как бы подписавшем обращение? Мы уже встречали его на титульном листе. Известно, что 20 мая 1609 года «Шекспировы сонеты» были зарегистрированы в Компании



*Двадцатилетний Рэтленд на фоне Падуи. Миниатюра И.Оливера*

печатников, и сделал это издатель Томас Торп (1569—1635). Он имел хорошую репутацию, на его счету со вкусом оформленные сборники лучших английских поэтов того времени, а также переводов латинских и древнегреческих авторов. В некоторых из них имелись изящные посвящения издателя. (В ту эпоху автором книги считали и написавшего ее, и того, кто ее материально воплотил. Поэтому не только сочинители, но также издатели часто посвящали свои детища покровителям и меценатам.)





Возникает вопрос: как мог безродный Торп обратиться к графу (оба упомянутых лица входили в высший слой английской аристократии) с совершенно неподобающим «мистер» или «мастер»? Впрочем, некоторых текстологов это не смущает: имя адресата скрыто, и такое обращение могло служить еще одним средством маскировки.

Посвящение все еще остается тайнописью. Чтобы разгадать его, нужно воссоздать ситуацию, в которой оно рождалось, проникнуть в замысел его составителя. А это не может быть сделано без решения более общей проблемы.

## В поисках автора

Шекспироведение удивительно тем, что активно дискутируется самый главный, изначальный вопрос: кто именно был автором «Ромео и Джульетты», «Гамлета» и десятков других пьес, а также стихов — всех сочинений, известных как произведения Уильяма Шекспира?

Начиная с конца XVIII века все громче и настойчивей стали звучать мнения, что им не мог быть родившийся в 1564 году в Стратфорде-на-Эйвоне и умерший там же в 1616-м актер и делец Уильям Шакспер (его фамилия была Shakspeare; в нынешних обсуждениях его величают именно Шакспером, а истинного автора — кто бы им ни был — называют Шекспиром). Значит, суть споров заключается в том, был ли Шакспер из Стратфорда Шекспиром, а если нет, то кто?

Некоторые из добытых о стратфордце сведений просто шокируют: его родители, жена и даже дети были неграмотными, и неясно, посещал ли он сам даже начальную школу. Не нашлось ни одной строки, написанной рукой Шакспера, а оставленное им завещание показало убожество его внутреннего мира.

Все это вступило в вопиющее противоречие с тем представлением о Барде, которое дают его произведения. Он отлично разбирался в юриспруденции, дипломатии и придворном этикете, морском и военном деле, медицине, музыке. Знал много языков, обладал богатейшим лексиконом. Его благородный дух проявлял поистине всемирную отзывчивость, Ф.М.Достоевский назвал Шекспира пророком, посланным Богом, чтобы возвестить нам правду о душе человеческой.

Отождествление Шекспира с Шакспером вело в логический тупик, поэтому начали выдвигать других кандидатов на роль автора — сначала философа и юриста Фрэнсиса Бэкона (1561—1626), потом других аристократов и литераторов того времени. Сейчас в списке десятки персон, но, конечно, серьезных претендентов всего несколько.

TO. THE. ONLIE. BEGETTER. OF.  
THESE. INSVING. SONNETS.  
M<sup>r</sup>. W. H. ALL. HAPPINESSE.  
AND. THAT. ETERNITIE.  
PROMISED.  
BY.  
OVR. EVERLIVING. POET.  
WISHETH.  
THE. WELL-WISHING.  
ADVENTVRER. IN.  
SETTING.  
FORTH.

Г. Г.



## От Нью-Йорка до Москвы

Среди них давно уже значится Роджер Мэннерс, пятый граф Рэтленд (Roger Manners, 5th Earl of Rutland). Первым на него указал в 1893 году нью-йоркский адвокат Г.Цейглер. В 1912 году бельгийский историк С.Демблон выпустил книгу, в которой привел много доводов в пользу Рэтленда. В Москве в 1924 году вышел трактат Ф.Шипулинского «Шекспир — Рэтленд».

Эту версию одобряли нарком просвещения А.В.Луначарский, а также некоторые литературоведы-марксисты. Однако в 30-х годах всякие сомнения в авторстве Шакспера — человека из народа — были объявлены в Стране Советов идеологически порочными, и полвека этот вопрос не поднимали.

Но вот под занавес тысячелетия вышла книга «Игра об Уильяме Шекспире, или Тайна Великого Феникса» (М.: Артист, Режиссер, Театр. 1997) ученого секретаря Шекспировской комиссии при Академии наук Ильи Менделевича Гилилова. Он сделал ряд замечательных открытий и убедительно обосновал вывод об авторстве Рэтленда (при возможном участии его жены Елизаветы, тоже поэта, и их близкого окружения). Книга вызвала огромный интерес (десятиky рецензий), ее английский перевод уже издан в США и Великобритании. Свершив свой научный подвиг, И.М.Гилилов покинул бранный мир в 2007 году.

А в 2008 году увидела свет объемистая монография «Оправдание Шекспира» (М.: Вагриус) филолога и переводчицы, профессора Московского государственного лингвистического университета Марины Дмитриевны Литвиновой. Она развивает свою концепцию, расширяющую и дополняющую теорию Гилилова: за «Шекспиром» стояли два человека — Фрэнсис Бэкон и граф Рэтленд, мыслитель и поэт.

Вначале они вместе работали над историческими хрониками и другими вещами, которые печатали под псевдонимом «Shakespeare», то есть «Потрясающий копьем» (он отсылает к древнегреческой богине мудрости Афине, которую называли Палладой, по-гречески — «потрясающая копьем»). Позднее два автора писали независимо, но от общего псевдонима не отказались.

Литвинова, как и Гилилов, отводит ведущую роль Рэтленду. Ведь Бэкон поэтическим талантом не обладал, а подлинная сила Барда, по общему мнению, заключалась в метафоре и звукописи. Как сказал Владимир Набоков, «языковая ткань Шекспира — высшее из всего, что создано в мировой поэзии; в сравнении с ней его достижения в драматургии отступают далеко на второй план». Рэтленд часто использовал старые сюжеты, переделывал пьесы других авторов, но именно его гений превращал их в бессмертные творения.

## Под опекой философа

Бэкон публиковал под собственной фамилией многочисленные труды, его биография хорошо изучена. А Рэтленд себя не раскрывал и был известен лишь в узком кругу.

Он родился 6 октября 1576 года, с 11 лет учился в Кембридже, в 1588 году лишился отца и получил статус «дитя государства». Заботы по его воспитанию возложили на 28-летнего Бэкона, так что его влияние на умственное развитие Роджера трудно переоценить.

В 1595 году Рэтленд отправился пополнять знания на континент; объездил несколько стран и был зачислен в Падуанский университет (где тогда преподавал Галилео Галилей). Через два года вернулся на родину и принял участие в военных кампаниях, руководимых фаворитом королевы, блестящим графом Эссексом. А в 1599 году Роджер женился на 15-летней Элизавете, дочери погибшего на войне знаменитого поэта Филипа Сидни.

На рубеже веков в судьбе Рэтленда случился крутой поворот. В начале 1601 года Эссекс возглавил плохо подготовленный, «опереточный» мятеж группы дворян. В нее входил и Рэтленд, который не мог не поддержать своего кумира и родственника (отчима жены). Их выступление было сразу подавлено, Эссекса и его ближайших сподвижников казнили, других заговорщиков сурово наказали.

Рэтленда сначала заточили в Тауэр, затем сослали в дальний замок, наложив на него большой штраф. Эта катастрофа вызвала у него глубокий душевный кризис (опасались за его жизнь), коренным образом повлиявший на его дальнейшее творчество.

Другая драма разворачивалась в его семейной жизни. Брак оставался платоническим, и это было всем известно. У супругов случались разлады, они подолгу не жили вместе, а в 1610 году расстались окончательно. Их отношения омрачались ревностью мужа, в их частную жизнь оказались замешаны поэты Джон Донн и Бен Джонсон. Роджер с середины нулевых годов все чаще болеет, затем наступает трагический финал: он умирает 26 июня 1612 году в возрасте 35 лет, и почти сразу добровольно уходит из жизни Элизавета.

## В шлеме Плутона

Поэты Англии оплакали уход четы в сборнике посвященных им стихов, но имен умерших супругов не назвали. Более того, издание было законспирировано: имело ложную дату выхода и другие сбивающие со следа атрибуты. Однако Гилилов сумел распутать этот клубок, что стало отправной точкой его дальнейших поисков.

Рэтленд творил, оставаясь инкогнито. Некие могущественные силы внимательно следили за сохранением тайны, целенаправленно создавая миф об авторстве стратфордца, ставшего — на века! — живой маской истинного автора. Но зачем это было нужно?

Ответ нужно искать в особенностях эпохи и конкретных людей. То был Ренессанс — возвращение древней мудрости, освобождение от средневековых догматов; но также религиозные войны, охота на ведьм и инакомыслящих (в 1600 году в Риме сожжен Джордано Бруно). В такой атмосфере многие авторы предпочитали сохранять анонимность, а тексты делать инкогнитивными. Бэкон писал, что великие истины должны оставаться сокровенными, и он специально занимался шифрами.

Главной целью Бэкона было переустроить государство на научной основе, для чего ему требовалось занять в нем высокий пост. Открытое увлечение литературой мешало бы его карьере, и он говорил о тайном ордене Шлема (Афины Палладу обычно изображали в шлеме и, согласно легендам, это волшебный шлем Плутона, делающий невидимым каждого, кто его надевал).

То есть, по замыслу Бэкона, их с Рэтлендом «Потрясающий копьём» должен быть скрыт шапкой-невидимкой. Эксцентричному и меланхоличному Роджеру такая игра наверняка пришлась по нраву. А Уильям Шекспер оказался поначалу вовлеченным в нее, видимо, просто из-за сходства его фамилии с псевдонимом «Шекспир» и его связи с театром. Потом его мнимое авторство возвели в принцип, которому строго следовали.

## Хождение за три моря

В 1611 году появился огромный, богато изданный том под названием «Кориэтовы Нелепости» («Coryats Crudities»), автором которой значился «князь поэтов, величайший пешеход мира» Томас Кориэт из Одкомба. Кориэт — реальное лицо,

шут наследного принца Генри. В книге описано путешествие одкомбианца по Европе, а первые 120 страниц занимали обращенные к нему стихотворные «панегирики» (смесь восхваления и осмеяния) 56 авторов, среди которых были виднейшие люди королевства.

Гилилов раскрыл и эту литературную мистификацию: за маской Кориэта скрывался Рэтленд, который был не прочь пошутить и над другими, и над собой. Все издание — грандиозный раблезианский фарс, пир сатиры и юмора.

Как сказано в предисловии, Кориэт покинул Лондон в мае 1608 года, а в октябре того же года вернулся обратно, посетив 45 городов и проделав, в основном пешком, путь почти в две тысячи миль. Но Рэтленд в тот год никуда из Англии не уезжал; у него болели ноги, временами он передвигался по дому в кресле-каталке. Он использовал свои впечатления от пребывания на континенте в 90-х годах, а также новости, которые ему сообщали в письмах друзья. В книге много ценных фактических сведений о тогдашней Европе, особенно о Венеции.

(Нынешние энциклопедии трактуют «Нелепости» как отчет о реальных приключениях Томаса Кориэта. О нем, по словам Гилилова, пишут как о Туре Хейердале шекспировской эпохи.)

## Два ключа к шифру

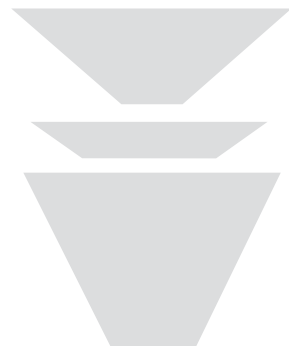
Вернемся к нашей исходной проблеме — Посвящению «Сонетов». Их английский комментатор Кэтрин Джоунс обратила внимание, что именно так — заглавными буквами и с точкой после каждого слова — древние римляне делали надписи на могильных плитах. А Литвинова заметила, что Рэтленд хорошо знал об этом: Кориэт в своем опусе признался, что «скопировал много таких эпитафий, за что его даже прозвали «Пешеход — Могильный Камень».

Значит, уже выявлена связь «Сонетов» с «Нелепостями», и она пролила свет на форму Посвящения. А не поможет ли она понять и его содержание? Ведь сонеты готовили к печати как раз тогда, когда вовсю шла работа над похождениями Кориэта, они были в центре внимания всего поэтического сообщества. И этот факт мог найти отражение в Посвящении — секретном послании, предназначенном только для своих. Поэтому первым ключом будем считать связь с Кориэтом.

Но, похоже, есть и второй ключ. Известно, что титульные листы книг в эпоху Возрождения часто использовали для шифровки важных сообщений — рисунки и текст на них составляли настоящий ребус, разгадать который были способны только избранные. Наверное, тем же целям могли служить и листы с посвящениями.

Интересующий нас текст (рис. 2) организован геометрически — разбит на блоки в виде суживающихся к низу трапеций (как в визуальной поэзии, где стих образует некую фигуру), а под ними отдельно стоит подпись Т.Т. (рис. 3). В этой графической форме может быть закодирована некая информация.

Давайте предположим, что каждая трапеция — это целостный кусок текста, но блоки нужно как-то переставить (их всего три, поэтому число вариантов невелико). Попробуем расположить трапеции в обратном порядке. Тогда получим:



THE. WELL-WISHING.  
ADVENTURER. IN.  
SETTING.  
FORTH.  
OVR. EVER-LIVING. POET.  
WISHETH.  
TO. THE. ONLIE. BEGETTER. OF.  
THESE. INSVING. SONNETS.  
Mr.W.H. ALL. HAPPINESSE.  
AND. THAT. ETERNITIE.  
PROMISED.  
BY.  
T.T.

Переведем на русский, используя те разные возможности интерпретации слов и словосочетаний, о которых говорилось выше:

Доброжелательный  
искатель приключений,  
отправляясь  
в путь,  
наш бессмертный поэт  
желает  
единственному зачинщику  
нижеследующих сонетов  
м-ру W.H. всякого счастья  
и той вечности,  
что обещана  
Т.Т.

Чего же мы добились? Во-первых, фраза стала как будто более естественной. Во-вторых, ее начало («искатель приключений, отправляясь в путь») указывает на Кориэнта, и это понятно всему поэтическому кругу. В-третьих, Посвящение идет теперь не от издателя, а от автора сонетов, то есть Рэтленда, и только вечность (или бессмертие) обещана Торпом.

Говоря об адресате Посвящения, мы отмечали, что лицо с инициалами W.H. — это либо граф Саутгемптон, либо граф Пембрук. В юности Рэтленд был неразлучен с Саутгемптоном (они вместе увлекались театром) и посвятил ему две свои ранние поэмы.

Но тут он, судя по всему, обращается к Пембруку: публикуя сонеты, Рэтленд как бы подводил итог своей семейной жизни, а Пембрук, друг Роджера и двоюродный брат Елизаветы, был инициатором их брака. Его можно считать «единственным зачинщиком сонетов», ибо их основная тема — отношения между супругами.

Литвинова пишет, что Посвящение и по форме, и по лексике напоминает эпитафию, и оно придает «Сонетам» нечто зловещее. В самом деле, Рэтленд вступал в заключительный период своей короткой жизни и, видимо, ясно это сознавал. Он готовился «отправиться в путь».



РАССЛЕДОВАНИЕ

## Заключение

В сонетах как будто говорится о Белокуром друге и Смуглой леди, о поэте-сопернике, но кто они? Написаны ли все сонеты одним человеком, или авторов больше? Почему сборник был так плохо издан? Над этими загадками уже не один век ломают головы и шекспироведы, и рядовые читатели.

Теперь картина начала проясняться; так, Литвинова уже установила, что поэт-соперник — это Джон Донн. Есть надежда, что постепенно будут сняты и другие вопросы, причем не только по поводу «Сонетов», но и всего шекспировского наследия.

Наконец появилась возможность согласовать биографию и творчество художника. Все перипетии общественной и личной жизни так или иначе отражены в его сочинениях, которые теперь требуют прочтения под новым углом зрения. Б.Л. Пастернак заметил, что «Шекспир наложил на свои труды более глубокий личный отпечаток, чем кто-либо до или после него». С другой стороны, через написанное можно проникнуть во многие обстоятельства жизни автора.

А не нарушают ли подобные изыскания волю автора навсегда остаться неизвестным? Нет, так все и задумывалось: он себя скрыл, но не до конца, оставив многие зацепки, которые должны позволить будущим поколениям узнать его. Например, в разных произведениях, к месту и не к месту, встречается родовое имя графа Рэтленда «Manners» — не как «манеры», «нравы», а как имя собственное (это подробно описано Гилиловым).

Мы живем в знаменательное время: человечество обретает Шекспира.



## ОБ АРХИВЕ

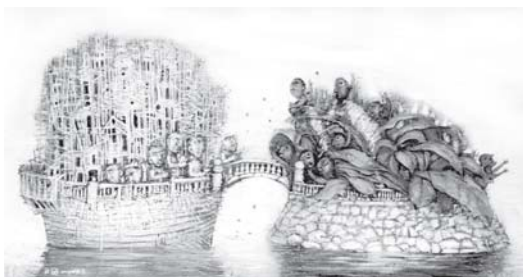


Архив «Химии и жизни» за 42 года — это более 50 000 страниц, рассказывающих о современной науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков.

Электронный архив дает возможность поиска по ключевым словам и смысловым конструкциям. Предупреждаем: архив защищен от копирования, можно переписывать только отдельные статьи и рисунки, но не весь диск. Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Узнать подробности и заказать архив можно на сайте журнала [www.hij.ru](http://www.hij.ru) и по телефону (499) 978-87-63.

## О ПОДПИСКЕ



Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки — 600 рублей за полгода.

Для этого нужно отправить запрос по электронной почте [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru), мы вышлем квитанцию для оплаты через Сбербанк. Подписку можно оплатить и электронными Яндекс-деньгами через киоск: [www.hij.ru/kiosk.shtml](http://www.hij.ru/kiosk.shtml).

Подписаться можно также на любой почте: каталоги «Роспечать», индексы 72231 и 72232; «АРЗИ» (Пресса России), индексы 88763 и 88764; «Межрегиональное агентство подписки» (Почта России), индексы 99644 и 99645, а также обращайтесь в агентства «Урал-пресс», [uralpress.ur.ru](http://uralpress.ur.ru), «Вся пресса», (495) 906-07-35; «Артос-Гал», (495) 981-03-24 и другие.

# Наш самый главный художник

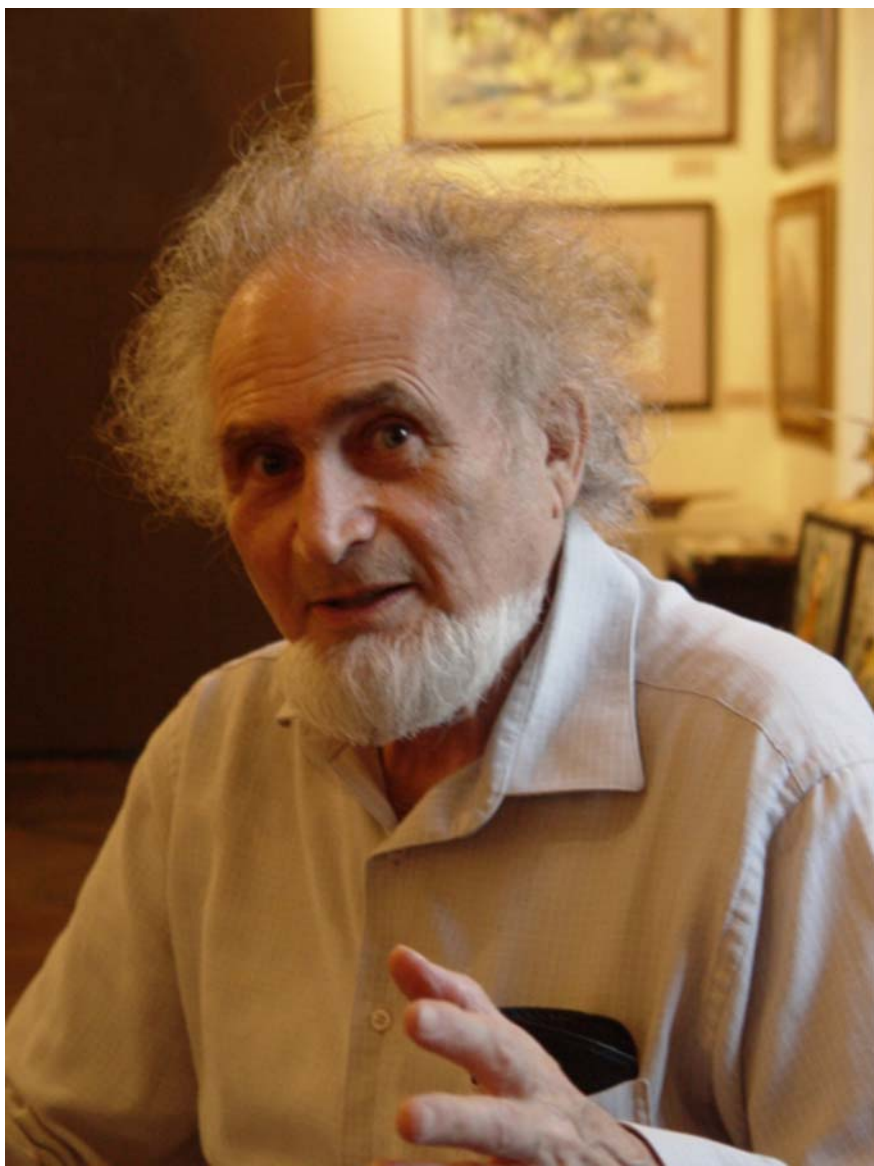
Еще одна невосполнимая утрата. Не стало Семена Верховского, главного художника «Химии и жизни» конца шестидесятых — начала семидесятых годов прошлого столетия.

Он пришел в журнал два года спустя после его основания уже сложившимся и признанным в художественном мире книжным оформителем. А спустя несколько лет ушел, как говорили тогда, на вольные хлеба.

До него и после него тон в художественном оформлении журнала задавали другие люди. Но Семен Верховский с самого начала и всегда был нашим самым главным художником. Им и останется, пока ХиЖ будет существовать в ее нынешнем виде.

К его приходу в редакцию журнал был уже, можно сказать, на ходу. Нам самим нравился, да и читателям, вроде бы тоже. Однако первое, что старожилы, отцы-основатели услышали от нового главного художника, было: «Ну кто же так делает? Это не журнал, а базар одесский. Где модуль?». Мы, честно сказать, не знали этого дизайнерского словечка (да и чужеземное слово «дизайн» было тогда не в чести), но вскоре убедились, что за ним стоит строгость, ясность и современность оформления — стиль и безупречный вкус. На этот путь сдержанной выразительности, неизменно белых обложек и легко читаемых шрифтов журнал поставил именно Семен Верховский. Смеем надеяться, что и десятилетия спустя мы с него не сошли.

И еще он привел в журнал когорту, иначе не скажешь, талантливейших иллюстраторов, имена которых тогда были известны лишь в узких кругах, а



нынче всем, кто мало-мальски знаком с современным изобразительным искусством. Дмитрий Лион, Юрий Купер, Владимир Янкилевский, Юрий Ващенко, Геннадий Гончаров, Гариф Басыров... По большей части молодые, сплошь голодные, они охотно делали рисунки для журнала, с его, мягко говоря, не самым привлекательным для широкой, а тем более художественной, публики названием. Все это, посеянное Семеном, через несколько лет взошло тиражами «Химии и жизни» в сотни тысяч экземпляров.

Нашему по тем временам вполне терпимому и смелому журнальному начальству с ним было не просто. В том, что касалось его работы, Семен становился человеком «нет». Он не хотел понимать и принимать идеологические догмы в журнальном оформлении, спорил с нашим главным редактором, добрейшим Игорем Васильевичем Петряновым-Соколовым, и неуступчивыми академиками из редколлегии:

«Не говорите безапелляционно, что это плохо, я же не лезу со своими оценками в вашу химию и биологию, лучше скажите, что вам просто не нравится, тогда, может быть, я с вами соглашусь».

Он не защищал, он отстаивал «картинки» своих ультрасовременных товарищей и учеников и частенько добивался своего — эти «картинки» печатали на радость нашей огромной читательской аудитории.

А еще он был остроумен, весел, азартен, охоч до шуток и розыгрышей, футбола, преферанса и мудрых книг для неторопливого чтения.

Многие люди сделали «Химию и жизнь» такой, какой она была и есть. Может быть, Семен Верховский — лучший из них.

**Товарищи**

**НТТМ**  
**2009**

# IX ВСЕРОССИЙСКАЯ ВЫСТАВКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА МОЛОДЕЖИ

**24-27 июня, Москва, Всероссийский выставочный центр, павильон 75**

## Выставка:

- Оказывает содействие в повышении творческой активности молодежи, интеграции науки, образования и производства
- Развивает межрегиональное и международное сотрудничество в области научного и технического творчества
- Поддерживает создание широкой сети учреждений научно-технического досуга
- Способствует трудоустройству талантливой молодежи

**Экспонатами** выставки станут индивидуальные и коллективные научно-технические разработки, действующие модели и макеты, проекты научных исследований и экспериментов.

**Победители** конкурсных программ НТТМ выдвигаются на:

- получение премии для поддержки талантливой молодежи
- присуждение гранта по программе «У.М.Н.И.К.»
- награждение медалью «За успехи в научно-техническом творчестве»

**НТТМ - твой первый шаг в области инноваций, самостоятельной научно-исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности.**

## Организаторы:

Министерство спорта, туризма и молодежной политики РФ  
Министерство образования и науки РФ  
Федеральное агентство по делам молодежи  
Правительство Москвы  
Совет ректоров вузов Москвы и Московской области

## Устроитель:

Всероссийский выставочный центр

[WWW.NTTM-EXPO.RU](http://WWW.NTTM-EXPO.RU)



**2009 - ГОД МОЛОДЕЖИ**



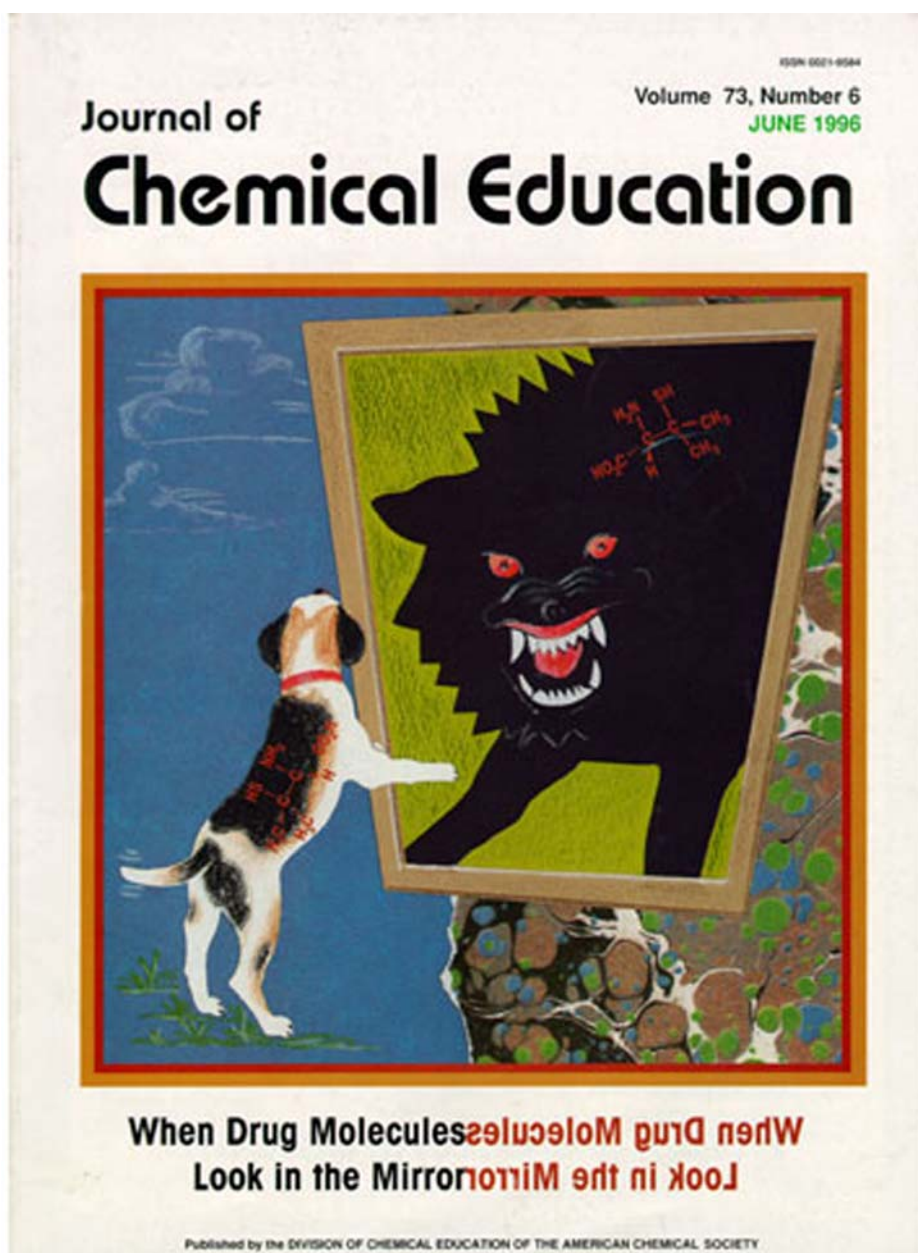
# Левое или правое?

Кандидат химических наук  
**И.А.Леенсон**

В литературе сплошь и рядом утверждается, что для питания и в качестве структурных элементов нашему метаболизму подходят только левовращающие аминокислоты. Психологически это понятно: природные аминокислоты действительно чаще всего относятся к так называемому L-ряду, а буква L обычно ассоциируется с понятием «левый». Однако такое «отнесение» L-соединений к левовращающим, а соединений D-ряда – к правовращающим абсолютно неверно. Достаточно взглянуть хотя бы на список 23 важнейших аминокислот белка (они приведены, например, в учебнике А.Н.Несмеянова и Н.А.Несмеянова «Начала органической химии»), чтобы убедиться, что левовращающих (для растворов в ледяной уксусной кислоте) – всего лишь семь, меньше трети. Остальные – правовращающие, за исключением оптически неактивного глицина. В «Химической энциклопедии» в списке из 26 наиболее распространенных аминокислот левовращающих и того меньше, всего шесть (23%). Многие путают направление вращения плоскости поляризации света веществом и строением его молекул, которые можно отнести к D- или L-виду.

## Поляризация света и оптическая активность

Со времен Ньютона в науке шли споры: свет – это волны или частицы. Томас Юнг сформулировал в 1800 году принцип суперпозиции волн и на его основании объяснил явление интерференции света. В 1808 году Этьен Луи Малюс, экспериментируя с кристаллами исландского шпата (кальцита), открыл явление поляризации света. В 1816 году Огюстен Жан Френель высказал идею о том, что световые волны – поперечные. Френель объяснил и явление поляризации света: в



*Зеркальное отражение доброй и полезной молекулы оказалось чудовищем*

обычном свете колебания происходят хаотично, во всех направлениях, перпендикулярных направлению луча. Но, пройдя через некоторые кристаллы, например исландский шпат или турмалин, свет приобретает особые свойства: волны в нем колеблются только в одной плоскости. Образно говоря, луч такого света подобен шерстяной нитке, которую продернули через узкую щель между двумя острыми лезвиями бритвы. Глаз человека лишь в редких случаях и с трудом может отличить обычный свет от поляризованного, однако это легко сделать с помощью простейших оптических приборов – поляриметров.

Выяснилось также, что при прохождении поляризованного света через некоторые вещества плоскость поля-

ризации поворачивается. Впервые это явление обнаружил в 1811 году Франсуа Доминик Араго у кристаллов кварца. Природные кристаллы кварца имеют неправильное, асимметричное строение, причем они бывают двух типов, которые отличаются по своей форме, как предмет от своего зеркального изображения. Эти кристаллы вращают плоскость поляризации света в противоположных направлениях; их назвали право- и левовращающими.

В 1815 году Жан Батист Био и Томас Зеебек выяснили, что некоторые органические вещества (например, сахар или скипидар) также обладают способностью вращать плоскость поляризации, причем не только в кристаллическом, но и в жидком, растворенном и даже газообразном состоянии. Так было доказано, что оптическая активность может быть связана не

только с асимметрией кристаллов, но и с каким-то неизвестным свойством самих молекул. Как и в случае кристаллов, некоторые химические соединения могли существовать в виде право- и левовращающих разновидностей, причем самый тщательный химический анализ не мог обнаружить между ними никаких различий. Такие разновидности назвали оптическими изомерами, а сами соединения – оптически активными. Оказалось, что у оптически активных веществ есть и третий тип изомеров – оптически неактивные. Это обнаружил в 1830 году знаменитый немецкий химик Йенс Якоб Берцелиус: виноградная кислота  $C_4H_6O_6$  оптически неактивна, а винная кислота точно такого же состава обладает в растворе правым вращением. Позднее была открыта и не встречающаяся в природе «левая» винная кислота – антипод правовращающей.

В 1828 году Уильям Николь, используя прозрачные кристаллы исландского шпата, сконструировал поляризатор света – «призму Николя». А существовав в 1839 году комбинация двух таких призм, он получил поляриметр – прибор для измерения угла поворота плоскости поляризации света. С тех пор такой поляриметр стал одним из самых распространенных приборов в физических лабораториях.

## Открытие Пастера

Оптическую активность кристаллов физики связывали с их асимметричностью; полностью симметричные кристаллы, например кубические кристаллы поваренной соли, оптически неактивны. Причина же оптической активности молекул долгое время оставалась загадочной. Первое открытие, проливавшее свет на это явление, сделал в 1848 году Луи Пастер. Еще в студенческие годы он заинтересовался химией и кристаллографией, после окончания Высшей нормальной школы в Париже 26-летний Пастер работал лаборантом у Антуана Бalara (первооткрывателя брома).

В ходе исследования Пастер приготовил раствор кислой натриевой соли виноградной кислоты  $HOOC-CHON-CHON-COONa$ , насытил раствор аммиаком и, медленно выпаривая воду, получил красивые призматические кристаллы тетрагидрата натриево-аммониевой соли  $Na(NH_4)C_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ . Кристаллы эти оказались асимметричными. У части кристаллов одна характерная грань находилась справа, а у других – слева, причем по форме два типа кри-

сталлов были как бы зеркальным отражением друг друга. Тех и других кристаллов получилось поровну. Зная, что в подобных случаях кристаллы кварца вращают в разные стороны, Пастер решил проверить, не будет ли наблюдаться это явление и на полученной им соли. Вооружившись увеличительным стеклом и пинцетом, Пастер аккуратно разделил кристаллы на две кучки. Их растворы, как и следовало ожидать, обладали противоположным оптическим вращением, а смесь растворов была оптически неактивной. Было непонятно, почему одно исходное вещество дало кристаллы разной формы. Пастер на этом не остановился. Из каждого раствора он осадил нерастворимую свинцовую или бариевую соль, а действуя на эти соли сильной серной кислотой, вытеснил из них более слабую органическую. Можно было предположить, что в обоих случаях получится исходная виноградная кислота, которая, как мы помним, была неактивной. Каково же было удивление Пастера, когда оказалось, что из одного раствора соли образовалась вовсе не виноградная, а известная правовращающая винная кислота, а из другого раствора получилась такая же кислота, но вращающая влево! До той поры левовращающую винную кислоту никто не видел! Эти кислоты получили название *d*-винной для правовращающей разновидности (от лат. *dexter* – правый) и *l*-винной для левовращающего изомера (от лат. *laevus* – левый).

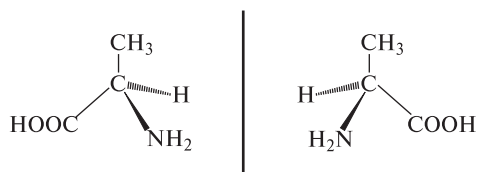
Открытие состояло в том, что давно известная неактивная виноградная кислота оказалась смесью равных количеств также известной «правой» винной кислоты и ранее не известной «левой». Именно поэтому их смесь в кристалле или в растворе не обладает оптической активностью. Для такой смеси стали применять название рацемат (от латинского *racemus* – виноград; на латыни *acidum racemicum* – виноградная кислота), а два антипода, дающие при смешении в равных количествах оптически неактивную смесь, получили название энантиомеров (от греч. *enantios* – противоположный). Пастеру повезло: в дальнейшем обнаружили всего несколько подобных случаев кристаллизации при определенной температуре смеси оптически различных кристалликов, достаточно крупных, чтобы их можно было под лупой разделить пинцетом. Более того, натрий-аммониевая соль винной кислоты, с которой работал Пастер, образует кристаллы разной формы только в том случае, если кристаллизация происходит из раствора, температура которого ниже



28°C. При этом выпадает тетрагидрат. При более высоких температурах из раствора выпадают симметричные кристаллы моногидрата.

Вскоре Пастер открыл также четвертую форму винной кислоты. Она была оптически неактивной, но не являлась рацематом, так как разделить ее на антиподы оказалось невозможно. Пастер назвал эту кислоту мезовинной, от греч. *mesos* – средний, промежуточный. Пастер нашел еще два метода разделения рацемата на два антипода. Биохимический метод основан на избирательной способности некоторых микроорганизмов усваивать только один из изомеров. И здесь Пастеру повезло. Один из аптекарей дал ему давно стоявшую склянку с виноградной кислотой, в которой завелась зеленая плесень. В своей лаборатории Пастер выяснил: бывшая когда-то неактивной кислота стала левовращающей. Зеленый плесневый грибок *Penicillium glaucum* в растворе разбавленной виноградной кислоты или ее солей «поедает» только правый изомер, оставляя левый без изменения. Такое же действие оказывает эта плесень на «недействительную» миндальную кислоту, только в данном случае она ассимилирует левовращающий изомер, не трогая правовращающий. Таких случаев стало известно немало. Например, дрожжи сахаромикета эллипсоидального (*Saccharomyces ellipsoideus*), в отличие от *Penicillium glaucum*, «специализируется» на правом изомере миндальной кислоты, оставляя без изменения левый. Другой способ разделения рацематов был химическим. Для него требовалось заранее иметь оптически активное вещество, которое при взаимодействии с рацемической смесью «выбирало» бы из нее только один энантиомер. Например, оптически активное основание давало с виноградной кислотой оптически активную соль, из которой можно было выделить соответствующий энантиомер винной кислоты.

Работа Пастера, доказывающая возможность «расщепления» оптически неактивного соединения на антиподы, первоначально вызвала у многих химиков недоверие. Даже сам Био не поверил своему ассистенту, пока собственноручно не повторил его опыт. Вскоре Жозеф Ле Бель с помощью третьего пастеровского метода расщепил несколько спиртов на оптически активные антиподы. Иоганн Вислиценус установил, что существуют две молочные кислоты: оптически неактивная, образующаяся в скисшем молоке (молочная кислота брожения), и правовращающая, которая появляется в работающей мышце (мясомолочная кислота). Подобных примеров становилось все больше, и требовалась теория, объясняющая, чем же отличаются друг от друга молекулы антиподов. Такую теорию создал молодой голландский ученый Вант-Гофф («Химия и жизнь», 2009, № 1). Согласно этой теории, молекулы, как и кристаллы, могут быть «правыми» и «левыми», являясь зеркальным отражением друг друга. Простейший пример – молекулы, в которых имеется так называемый асимметрический атом углерода, окруженный четырьмя разными группами. Возьмем простейшую аминокислоту аланин: две изображенные молекулы невозможно совместить в пространстве никакими поворотами.



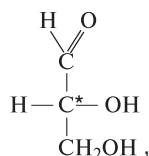
Подобные структуры, которые отличаются друг от друга как правая рука от левой, получили название хиральных (от греч. *cheir* – рука).

В винной кислоте два асимметрических атома углерода. Если оба они будут «правыми», получится правовращающая (+)-винная кислота, если «левыми» – левовращающая (-)-винная, если один «левым», а другой – «правым», то получится мезовинная кислота. Если в смеси поровну «правых» и «левых» молекул, вещество в целом будет оптически неактивным. Именно такие вещества и получают в колбе в результате обычного химического синтеза. И только в живых организмах при участии асимметричных агентов (например, ферментов) образуются асимметричные соединения. Так, в природе преобладают аминокислоты и сахараиды только од-

ной конфигурации, а образование их антиподов подавлено. В некоторых случаях разные энантиомеры можно различить и без всяких приборов – когда они по-разному взаимодействуют с асимметрическими рецепторами в нашем организме. Яркий пример – аминокислота лейцин: ее правовращающий изомер сладкий, а левовращающий – горький. Заметим, что на естественный вопрос – как появились на Земле первые оптически активные химические соединения – четкого ответа пока нет.

## Проблема абсолютной конфигурации

Раньше не было возможности определить, какова в действительности пространственная конфигурация молекул того или иного оптически активного вещества, например упомянутого выше аланина. Однако чисто химическими методами можно было установить аналогичность конфигураций разных веществ. Например, молекулы правовращающего *d*-глицеринового альдегида были аналогичны по своей конфигурации молекулам левовращающей *l*-молочной кислоты и правовращающей *d*-яблочной кислоты. В 1906 году по предложению М.А.Розанова в качестве стандарта для установления относительной конфигурации оптически активных молекул был выбран глицериновый альдегид. При этом Э.Г.Фишер предложил правовращающему глицериновому альдегиду приписать (чисто произвольно) структуру

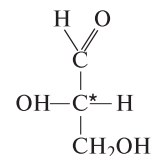


в которой звездочкой обозначен асимметрический атом углерода, связанный с четырьмя разными заместителями. На подобных рисунках две «горизонтальные» связи (в данном случае это связи C–H и C–OH) располагаются под плоскостью рисунка, а две «вертикальные» связи (C–CHO и C–CH<sub>2</sub>OH) – над плоскостью. Такой способ изображения называется проекцией Фишера, названной в честь Эмиля Германа Фишера, второго лауреата Нобелевской премии по химии за 1902 год.

Несколько слов о практически неизвестном у нас Розанове. Мартин Андре Розанов (1874–1951) родился на Украине в семье Абрахама и Клары Розенбергов. После окончания классической гимназии в родном Ни-

колаеве продолжил образование в Берлине и Париже, а затем в Нью-Йорке. Работал в Нью-Йоркском университете, затем в Питтсбургском институте Меллона, где ему впервые в истории института была предоставлена пожизненная должность профессора химии. Сестра Мартина Лириан (1886–1986) была деканом математического факультета в университете Лонг-Айленда; брат Аарон Джошуа был известным американским психиатром, работал в Калифорнии. Среди «нехимических» работ М.А.Розанова выделяется большая статья «Эдисон в своей лаборатории» (1932), в которой автор помимо прочего описал разные забавные случаи, в том числе из опыта своего общения с известным изобретателем.

Изображенную структуру назвали D(+)-глицериновым альдегидом. Соответственно все вещества, стереохимически аналогичные этому альдегиду, стали относить к D-ряду. Оптический антипод этого альдегида был назван L(-)-глицериновым альдегидом, а родственные ему вещества стали относить к L-ряду («+» означает, что плоскость поляризации вращается вправо, «-» – влево):



Глицериновый альдегид – одно из простейших оптически активных соединений, легко получается окислением глицерина, а главное – из него можно путем ряда последовательных асимметрических синтезов получить самые различные соединения. Так устанавливается относительная конфигурация правовращающих винной и яблочной кислот и изосерина, левовращающей молочной кислоты и множества других оптически активных соединений. При альдольной конденсации глицеринового альдегида с дигидроксиацетоном получается смесь фруктозы и сорбозы, которые можно разделить. Понятно, что в ходе таких синтезов абсолютная конфигурация у асимметрического атома углерода должна оставаться неизменной. Так и происходит, если не рвется химическая связь этого атома углерода с одним из соседних заместителей. В противном случае может произойти либо потеря оптической активности (как, например, в реакциях нуклеофильного замещения типа S<sub>N</sub>1), либо изменение конфигурации



на противоположную. Последний процесс, так называемое вальденовское обращение, происходит, например, в реакциях  $S_N2$ ; он назван по имени Пауля (Павла Ивановича) Вальдена (1863–1957), открывшего его в 1889 году.

Прописные буквы D и L вместо строчных были приняты для того, чтобы не смешивать конфигурацию вещества, установленную относительно глицеринового альдегида, с направлением вращения плоскости поляризации света этим веществом. Так и получилось, что часть соединений D-ряда вращают вправо, часть – влево, и направление вращения никак не связано с принадлежностью вещества к кому-либо из этих рядов. Например, в природе найдена только D(-)-фруктоза (она же левулоза, потому что вращает плоскость поляризации влево). С другой стороны, и L-, и D-аспарагины – правовращающие аминокислоты. У мидальной кислоты  $C_6H_5CH(OH)COOH$  – два оптических изомера: левовращающий D(-)- и правовращающий L(+)-изомер. Таких примеров множество. Следовательно, нельзя заранее установить отношение между знаком вращения соединения и его конфигурацией: два соединения с одной и той же относительной конфигурацией могут иметь противоположные знаки вращения. И наоборот, сходные соединения с одним и тем же знаком вращения могут иметь противоположные относительные конфигурации.

Прямое определение абсолютной конфигурации молекулы – сложная задача, и в течение длительного времени химики обходились лишь отношением молекул к D- или L-ряду. И только в середине XX века эта задача была решена Дж.Бейвудом с сотрудниками, которые работали в лаборатории имени Вант-Гоффа Утрехтского университета. Эпохальная работа под названием «Определение абсолютной конфигурации оптически активных веществ методом дифракции рентгеновских лучей» была опубликована 18 августа 1951 года в журнале «Nature». Авторы путем рентгеноструктурного анализа кристаллов калий-рубидиевой соли D(+)-винной кислоты показали, что Фишер не ошибся, постулировав абсолютную конфигурацию энантиомеров глицеринового альдегида! А это значит, что правильны были установлены не только относительные, но и абсолютные конфигурации всех оптически активных соединений! На самом деле у Фишера было ровно по 50% шансов сделать правильный выбор или оши-

биться. Сходная история имела место, когда задолго до открытия электрона выбирали направление для протекания электрического тока. И – ошиблись, выбрав направление от плюса к минусу.

Поскольку в основополагающей исходной публикации Бейвута в журнале *Nature* не были приведены исходные экспериментальные данные, принципиальным оставался вопрос об обоснованности сделанных выводов, тем более что экспериментальная техника тех времен была далеко не совершенной. В частности, не было компьютеров, без которых сейчас не обходится ни одна работа в области рентгеноструктурного анализа. Чтобы снять все возможные подозрения, сотрудники Центра молекулярной биологии Утрехтского университета Мартин Лутц и М.М.Шроерс предприняли недавно проверку результатов своих коллег более чем полувековой давности с использованием самого современного оборудования. Их работа, опубликованная в августе 2008 года в журнале «Acta Crystallographica», section C: «Crystal Structure Communications», называлась «Был ли прав Бейвуд? Повторное исследование тетрагидрата тартрата натрия – рубидия». Для получения монокристалла авторы нагрели раствор (+)-винной кислоты до 60°C и начали по каплям добавлять в него раствор эквимольной смеси карбонатов натрия и рубидия. Сначала в осадок выпал менее растворимый кислый тартрат рубидия. Затем, когда закончилось выделение углекислого газа, осадок полностью перешел в раствор. При его испарении при комнатной температуре образовался бесцветный порошок, перекристаллизация которого из минимального количества воды дала кристаллы  $Na^+ \cdot Rb^+ \cdot C_4H_4O_6^{2-} \cdot 4H_2O$ , пригодные для исследования. На вопрос, заданный в заголовке статьи, авторы ответили «да».

Работа Бейвута с сотрудниками 1951 года была поистине эпохальной. Впервые появилась возможность избавиться от некоторого несоответствия в обозначениях D и L, которые указывали только на генетическую связь с глицериновыми альдегидами, но никак не на направление оптического вращения. Такая возможность была осуществлена в 1956 году по предложению Роберта Сидни Кана и Кристофера Келка Ингольда и лауреата Нобелевской премии за 1975 год (совместно с Дж.У.Корнфортом) Владимира Прелога. Их первая статья была опубликована в сравнительно



## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

малоизвестном швейцарском журнале «Experientia», и тем не менее предложение получило широкое распространение. Так, оно подробно описывается в учебнике органической химии Луиса и Мэри Физеров (1961, русский перевод 1966). Но наибольшую известность эта система получила после публикации в 1966 году детально разработанной универсальной стереохимической номенклатуры (см. Cahn R.S., Ingold C.K., Prelog V., Specification of Molecule Chirality, Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1966, 5, 385 – 415).

Авторы предложили ввести понятие хиральности как свойства объекта быть несовместимым со своим отображением в идеальном плоском зеркале и *R-S*-систему (от лат. *rectus* – прямой, правильный и *sinister* – левый) для обозначения хиральности.

Подробное описание применения этого правила к оптически активным соединениям можно найти в учебниках органической химии, а так же в учебнике К.П.Бутина, см. [www.chem.msu.su/rus/teaching/butin/p4.html](http://www.chem.msu.su/rus/teaching/butin/p4.html). В нем используется определенное расположение групп вокруг хирального центра – по часовой стрелке, в соответствии со «старшинством» этих групп. В частности, по новой номенклатуре правовращающий D-глицериновый альдегид получает обозначение *R*. Обозначения *R* и *S* добавляют к названию соединения в качестве приставок. Так, энантиомерами 1-бром-1-хлорэтана являются *R*-1-бром-1-хлорэтан и *S*-1-бром-1-хлорэтан. Их оптически неактивная рацемическая модификация обозначается *R,S*-1-бром-1-хлорэтан. Однако по традиции широко используются и старые обозначения D и L, например, для сахаров и аминокислот.

В заключение этого раздела отметим еще одно весьма распространенное заблуждение – о том, что все природные аминокислоты относятся якобы исключительно к L-ряду. На самом деле это не так: D-аминокислоты тоже встречаются в природе, хотя и реже, чем аминокислоты L-ряда, в основном – в мире низших организмов. Они присутствуют, например, в пептидных ан-



тибиотиках, в оболочке некоторых бактерий. Некоторые термофильные микроорганизмы, живущие в горячих источниках и термальных водах, используют высокие концентрации D-аланина в качестве осморегулятора. Плазма крови высших организмов также содержит D-аминокислоты. В организме человека вырабатывается в качестве нейромедиатора D-серин. В нервных клетках высших организмов находят D-аланин, D-аспарагин и D-серин. С D-аминокислотами работают, например, на кафедре химической энзимологии химического факультета МГУ. А в 2008 году на биологическом факультете МГУ состоялась защита А.В.Дмитриевым диссертации на соискание степени доктора физико-математических наук на тему «Физико-химические механизмы переноса ионов в природных и хирально модифицированных модельных каналах». Автор изучал, в частности, модифицированные модельные белки, включающие D-аминокислоты. Было показано, что для получения первичной структуры белка с природной функциональностью, построенного из D-аминокислот, достаточно десяти D-аминокислот.

## Хиральные лекарства

Химики часто относятся к энантиомерам как к одному соединению, поскольку их химические свойства идентичны. Однако их биологическая активность может быть совершенно различной. Это стало очевидным после трагической истории с талидомидом – лекарственным средством, которое широко применялось в 60-е годы XX века в Европе беременными женщинами как эффективное снотворное и успокаивающее. Со временем проявилось его тератогенное действие, и на свет появилось много младенцев с врожденными уродствами. После этого европейцы заимствовали более строгую американскую систему сертификации лекарств – в Америке талидомид не был допущен к продаже. Но лишь в конце 80-х годов выяснилось, что причиной несча-

стий стал только один из энантиомеров талидомида. О таком различии в действии лекарственных форм раньше не знали, и продаваемый талидомид был рацемической смесью.

В настоящее время многие лекарственные средства выпускаются в виде оптически чистых соединений. Их получают тремя методами: разделением рацемических смесей, модификацией природных оптически активных соединений (к ним относятся углеводы, аминокислоты, терпены, молочная и винная кислоты и др.) и прямым синтезом. Последний также требует хиральных источников, поскольку любые другие традиционные методы синтеза дают рацемат. Это одна из причин высокой стоимости некоторых лекарств, и не удивительно, что из множества синтетических хиральных препаратов, выпускаемых во всем мире, лишь небольшую часть составляют оптически чистые, остальные – рацематы.

Необходимость в оптически чистых энантиомерах объясняется также тем, что часто только один из них обладает требуемым терапевтическим эффектом, тогда как второй антипод может в лучшем случае быть бесполезным, а в худшем вызвать нежелательные побочные эффекты или быть токсичным. Бывает и так, что каждый энантиомер обладает своим специфическим действием. Так, левовращающий S-тироксин (лекарственный препарат левотроид) – это природный гормон щитовидной железы T4. А правовращающий R-тироксин («декстроид») понижает содержание холестерина в крови. Некоторые производители придумывают для подобных случаев торговые названия-паллиндромы, например «Darvon» для наркотического анальгетика и «Novrad» для противокашлевого препарата.

Как уже отмечалось на примере аминокислоты лейцина, человек – существо хиральное. И это относится не только к его внешнему виду. Энантиомерные лекарства, взаимодействуя с хиральными молекулами в организ-

м, действуют по-разному. «Правильное» лекарство подходит к своему рецептору, как ключ к замку, и запускает желаемую биохимическую реакцию. Антиаритмическое средство S-анаприлин действует в сто раз сильнее, чем R-форма. У антигельминтного препарата левамизола активен в основном в S-изомер, тогда как его R-антипод вызывает тошноту, поэтому в свое время рацемический левамизол был заменен одним из энантиомеров. В 60-е годы одним из предшественников адреналина в организме – диоксифенилаланином (L-ДОФА) пытались лечить паркинсонизм. При этом выяснилось, что это вещество, а также родственные ему дофамин и метилдофа эффективны только в виде S-изомера. В то же время R-ДОФА вызывает серьезные побочные эффекты, в том числе заболевание крови. Фирма «Merck» разработала способ производства гипотензивного препарата метилдофа, включающий самопроизвольную кристаллизацию только нужного энантиомера путем введения в раствор небольшой затравки этого изомера.

И последний пример. Пеницилламин (3,3-диметилцистеин) – довольно простое производное аминокислоты цистеина. Это вещество применяют при острых и хронических отравлениях медью, ртутью, свинцом, другими тяжелыми металлами, так как оно дает прочные комплексы с ионами этих металлов, и эти комплексы удаляются почками. Применяют пеницилламин также при различных формах ревматоидного артрита, при системной склеродермии, в ряде других случаев. При этом применяют только S-форму препарата, так как R-изомер токсичен и может привести к слепоте. Недаром на обложке июньского номера американского журнала «Journal of Chemical Education» за 1996 год был помещен вот такой необычный рисунок. Название статьи о лекарственных средствах-антиподах было не менее красноречивым: «Когда молекула смотрит-ся в зеркало».





Художник Н. Колпакова



СЛОВАРЬ НАУКИ

мулировавшего основные ее положения и открывшего при Лейденском университете первую химическую лабораторию для анализов. Представители ятрохимии уделяли внимание изучению процессов пищеварения, а также половых и других желез; различали «кислотные» и «щелочные» болезни. Ятрохимия во второй половине XVIII века перестала существовать как направление в медицине, но дала начало экспериментальной химии.

Большинство химиков XVI—XVIII веков имели медицинское образование и служили аптекарями. Далее, поскольку синтетической химии еще не существовало, вещества для лекарств добывали в естественном состоянии из минералов и растений, а для этого требовались методы анализа, разделения и очистки веществ. Развивается аналитическая химия. Затем военные интересы и запросы потребителей вызвали к жизни остальные разделы химии.

Сейчас химия состоит из пяти крупных разделов. Это аналитическая химия, неорганическая химия, органическая химия, биохимия, физическая химия и техническая химия. А далее они делятся, образуя сотню различных химий. Такое разнообразие заставляет задуматься над тем, что пришло время химии складывать, а не делить.

Академик Ю.А.Косыгин писал: «К концу XX века наука как бы разделилась на слои... Специалист часто замыкался в своем слое, увлекаясь в его пределах деталями... Это создавало узость научного мышления, забвение целостности мира, проблемы которого могут решаться только совместной работой в разных специальностях или их взаимопроникновением. Разделение на специальности создает атмосферу затхлости и беспомощности».

Таким образом, первая задача статьи состоит в показе абсурда такого деления применительно к химии. Разделы взяты из химических энциклопедий, обзоров, web-страниц вузов и НИИ, названий учебников и журналов. Вторая задача — ознакомление неопитов с многообразием химических решений житейских задач. И третья задача. Автору как профессионалу неприятно слышать на всех углах: «выращено без химии», «продукт не содержит химических веществ» и прочие странные лозунги. Куда же вы денетесь без химии!

**Аналитическая химия** — разработка методов определения химического состава вещества. Она возникла раньше других химических наук, и до конца XVIII века химию определяли как науку, изучающую химический состав веществ. Исторически это первая научная собственно химия.

**Агрохимия** — наука о химических процессах в почве и растениях, минеральном питании растений, применении удобрений и средств химической мелиорации почв. Включает определение содержания в почвах и растениях химических элементов, белков, аминокислот, витаминов, жиров, углеводов; установление механического и минералогического состава почвы, содержания в них органической части (гумуса), солей, водорослей, микроорганизмов и др. Изучает влияние удобрений на растения и почву. Многие приемы агрохимии вошли в практику земледелия с глубокой древности. Благодаря созданию новой отрасли агрохимии — химии ядохимикатов — появилась

# Сколько химий на свете?

Доктор химических наук  
**Н.Е.Аблесимов,**  
Ablesimov1@yandex.ru

*Химию можно определить как предмет занятий химиков.*

Т.Л.Браун, Г.Ю.Лемей

В начале было слово — «ал хеми», или алхимия. Оно восходит к египетскому иероглифу «хми», означавшем черную (плодородную) землю. Этим же иероглифом обозначался и сам Египет, место, где, возможно, возникла алхимия, которую часто называли «египетским искусством». Впервые термин встречается в рукописи Юлиа Фирмика (IV век н.э.). Ю.Либих писал про алхимию, что она «никогда не была ничем иным, как химией».

Следующим словом стало «ятрохимия» — направление в естествознании и медицине, появившееся в XVI веке. Оно отводило основную роль в возникновении болезней нарушениям химических процессов в организме и ставило задачу отыскания химических средств их лечения. Зарождение и развитие ятрохимии, получившей наибольшее распространение в Германии и Нидерландах, связано с деятельностью Парацельса (1493—1541), а также врача и анатома Ф.Боз (1614—1672), сфор-

возможность не только улучшать питание растений, но и влиять (с помощью регуляторов роста) на их развитие, а также защищать от болезней, насекомых, клещей, нематод и других вредителей. Огромное влияние на агрохимию оказало открытие избирательных гербицидов. Уничтожение сорняков с их помощью позволило улучшить условия роста растений и более эффективно использовать удобрения, так как они не расходятся на подкормку сорняков.

**Аналитическая химия элементов.** Институт геохимии и аналитической химии РАН (ГЕОХИ, Москва) издает серию монографий, которых уже сейчас насчитывается свыше 50, а в идеале должно быть 109 — по числу известных химических элементов.



**Астрохимия** изучает химические реакции между атомами, молекулами и зернами пыли в межзвездной среде, включая фазы образования звезд и планет. Синтез гелия можно считать началом всех реакций в природе, первопричиной жизни, света, тепла и метеорологических явлений на Земле. Рождение химических элементов — функция звезд. До железа включительно они рождаются в термоядерных процессах синтеза ядер в недрах бесчисленных солнц. Начиная с кобальта и далее — создаются при взрывах сверхновых через нейтроноизбыточные ядра с последующей серией бета-распадов. Радиоастрономы показали, что темные межзвездные облака содержат многие сложные молекулы (метанол, окись углерода, формальдегид, этанол, синильную кислоту, муравьиную кислоту и другие). Молекулярная радиоастрономия позволила идентифицировать все эти молекулы по их вращательным спектрам в микроволновой области.

**Бионеорганическая химия** изучает комплексы биополимеров или низкомолекулярных природных веществ с ионами металлов, присутствующих в живых организмах ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ). Исследует роль этих ионов в выполнении биологических функций ферментов. Практическое применение связано с синтезом металлосодержащих лекарственных препаратов.

**Биоорганическая химия** изучает связь между строением органических веществ и их биологическими функциями. Объекты исследований: биополимеры, витамины, гормоны, антибиотики и другие. Сформировалась на стыке биохимии и органической химии. Биоорганическая химия связана с практическими задачами медицины, сельского хозяйства, химической, пищевой и микробиологической промышленности.

**Биохимия** изучает входящие в состав организмов химические вещества, их структуру, распределение, превращения и функции. Казалось бы, эта наука должна быть разделом органической химии, однако многочисленные разветвления биохимии превратили ее в отдельное направление. Первый синтез природного вещества мочевины в 1828 году разрушил представление о «жизненной силе», участвующей в образовании веществ организмом. Внедрение в биологию идей и методов физики и химии, а равно стремление объяснить строением и свойствами биополимеров такие биологические явления, как наследственность, изменчивость или мышечное сокращение, привело в середине XX века к выделению из биохимии молекулярной биологии. Потребности народного хозяйства в получении, хранении и обработке различных видов сырья привели к развитию технической биохимии. В конце XX и начале XXI века биохимия стала ведущим химическим направлением, во всяком случае, большинство Нобелевских премий по химии присуждают именно за биохимические работы.

**Галургия** — раздел химической технологии по производству минеральных солей. К галургии в узком смысле относят переработку природных солей. Сырьем для галургического производства служат морская вода, отложения морских солей, а также озерные и подземные рассолы. Прикладные задачи — проектирование калийных, соляных и сульфатных предприятий; проектирование предприятий по добыче и переработке горно-химического сырья: сульфата натрия, фосфоритного, магнийсодержащего сырья и других природных солей.

**Геохимия** изучает химический состав Земли, распространенность в ней химических элементов и их стабильных изотопов, закономерности распределения химических элементов в различных геосферах, законы поведения, сочетания и миграции элементов в природных процессах. Геохимия исторически сформировалась как химия элементов в геосферах и во многом продолжает оставаться таковой. Это было оправданно во времена Ферсмана и Вернадского. Но свойства веществ — это свойства фаз. Один и тот же элемент может находиться в составе различных фаз и сам образовывать множество фаз с очень разными свойствами (вспомним хотя бы фазы углерода). В XX веке появились методы анализа фаз. Поэтому дальнейшее развитие геохимии — это химия фаз в геосферах. Валовой элементный анализ геологических проб должен подкрепляться фазовым анализом. Иначе наблюдается ничем сейчас не оправданный перескок через структурный уровень организации вещества: от химического элемента, минуя минеральную фазу, к породе и геологическому телу.

**Гидрохимия** изучает химический состав природных вод и закономерности его изменения под влиянием физических, химических и биологических воздействий. Задача — установление химического состава основных элементов экосистем океанов и морей, процессов их биогеохимической трансформации и эволюции.

**Гистохимия** — раздел гистологии, изучающий локализацию различных химических веществ и продуктов их метаболизма в тканях. Некоторые методы окрашивания позволяют выявлять в клетках те или иные химические вещества. Возможно дифференциальное окрашивание жиров, гликогена, нуклеиновых кислот, нуклеопротеинов, некоторых ферментов и других химических компонентов клетки. Вклад гистохимии в изучение химического состава тканей постоянно возрастает. Подобранные красители, флуорохромы и ферменты, которые можно присоединить к специфическим иммуноглобулинам (антителам) и, наблюдая связывание этого комплекса в клетке, идентифицировать клеточные структуры. Эта область исследований составляет предмет иммуногистохимии. Использование иммунологических маркеров в световой и электронной микроскопии способствует расширению знаний о биологии клетки, а также повышению точности медицинских диагнозов.

**Иммунохимия** изучает химические основы иммунитета. Основные проблемы: строение и свойств иммунных белков — антител, природных и синтетических антигенов, а также выявление закономерностей взаимодействия между этими главными компонентами иммунологических реакций у разных организмов. Методами иммунохимии пользуются также в прикладных целях, в частности при выделении и очистке активных начал вакцин и сывороток.

**Квантовая химия.** Это направление химии на основе квантовой механики рассматривает строение и свойства химических соединений, реакционную способность, кинетику и механизмы химических реакций. Из-за сложности объектов применяют приближенные методы расчета. С квантовой химией неразрывно связана компьютерная химия — дисциплина использующая математические методы для расчета молекулярных свойств, амплитуды вероятности нахождения электронов в атомах, моделирование молекулярного поведения.

**Коллоидная химия** — наука о дисперсных системах и поверхностных явлениях. Отсюда берет начало популярная нынче на-

нотехнология. Коллоидные системы — это и человек и холодец. Поскольку у частиц дисперсной фазы и окружающей их среды большая поверхность раздела, поверхностные явления оказывают определяющее влияние на свойства системы в целом. Цель исследований — управление образованием, свойствами и разрушением дисперсных систем и граничных слоев за счет регулирования межмолекулярных взаимодействий на границах раздела фаз. Этого добиваются с помощью поверхностно-активных веществ, способных самопроизвольно концентрироваться на поверхности частиц дисперсной фазы.

**Компьютерная химия** — см. квантовая химия.

**Косметическая химия.** Ее предмет — средства и методы улучшения внешности человека. Различают лечебную и декоративную косметику. Известно выражение «кожа — это самый большой орган», и нельзя не задумываться о том, как он функционирует, как действуют вещества, которые мы наносим на его поверхность, к каким последствиям приведет то или иное воздействие. Ответы на эти вопросы ищет косметическая химия.



**Космохимия** — наука о химическом составе космических тел, законах распространенности и распределения химических элементов во Вселенной, процессах сочетания и миграции атомов при образовании космического вещества. Космохимия исследует преимущественно «холодные» процессы на уровне атомно-молекулярных взаимодействий веществ, в то время как «горячими» ядерными процессами в космосе — плазменным состоянием вещества, нуклеогенезом (процессом образования химических элементов) внутри звезд — занимается физика. Развитие космонавтики открыло перед космохимией новые возможности. Это непосредственное исследование пород Луны при участии космонавтов или в результате забора образцов грунта автоматическими аппаратами и доставки их на Землю. Автоматические спускаемые аппараты сделали возможным изучение вещества и условий его существования в атмосфере и на поверхности других планет Солнечной системы и астероидов, в кометах. Благодаря экстремальным условиям в космическом пространстве протекают процессы и встречаются состояния вещества, несвойственные Земле. В межзвездном пространстве обнаруживаются в крайне малых концентрациях атомы и молекулы многих элементов, а также минералы (кварц, силикаты, графит и другие) и, наконец, идет синтез различных сложных органических соединений из первичных солнечных газов  $H$ ,  $CO$ ,  $NH_3$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $S$  и других простых соединений в равновесных условиях при участии излучений.

**Криохимия** изучает химические превращения веществ при низких температурах. Основные задачи — получение соединений, химически неустойчивых при нормальных условиях, выяснение нижних температурных границ химической активности веществ, разработка технологических процессов с использованием низких температур. Продукты криотехнологий — химические реактивы, ферменты, сорбенты, лекарственные вещества, резисторы, композиты, пигменты, катализаторы, электродные и пьезоматериалы, пористая керамика, порошки для стекловарения и выращивания монокристаллов.

**Кристаллохимия** изучает законы расположения атомов и типы симметрии в кристаллических телах, а также дефекты в их структуре. Центральное понятие кристаллохимии — кристаллическая структура. Определено свыше 120 000 кристаллических структур (около 40 000 неорганических, более 80 000 органических) — от простых веществ до белков и вирусов. Источником данных о структурах служат дифракционные методы исследова-

ния: рентгеноструктурный анализ, электронография, нейтронография, мессбауэрография. Причины образования той или иной кристаллической структуры определяются общим принципом термодинамики: наиболее устойчива структура, которая при данных давлении и температуре имеет минимальную свободную энергию. Обнаруженные Е.С.Федоровым 230 пространственных групп симметрии представляют собой естественный закон природы, не имеющий математического выражения (наряду с Периодической системой Д.И. Менделеева).

**Лазерная химия** изучает химические процессы, стимулируемые лазерным излучением. Высокая монохроматичность лазерного излучения позволяет селективно возбуждать молекулы одного вида, причем молекулы других видов остаются невозбужденными. Возможность фокусировки лазерного излучения позволяет вводить энергию локально, в определенную область объема, занимаемого реагирующей смесью. Лазерное воздействие на химические реакции может быть тепловым и фотохимическим. Лазерная офтальмология и микрохирургия — в конечном счете та же лазерная химия, но на службе у медицины.

**Лесохимия** изучает химические свойства древесины и способы ее промышленной переработки, чтобы извлечь как можно больше полезных веществ. Целлюлозно-бумажное производство занимает первое место по объемам перерабатываемого сырья и готовой продукции в лесной промышленности. Оно потребляет балансовую и дровяную древесину (80%), отходы лесозаготовок и деревообработки (щепы, опилки — 20%) для выработки целлюлозы, древесной массы и получения из них бумаги, картона. Нитрованием целлюлозы концентрированной азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты получают тринитроцеллюлозу, называемую пироксилином, которую применяют в производстве бездымного пороха, поэтому рядом с целлюлозно-бумажным комбинатом следует искать завод боеприпасов. Гидролизные производства в качестве сырья используют отходы лесопиления и деревообработки. Первоначально гидролизу подвергали хвойную древесину, получая 160—180 л этанола в расчете на 1 т абсолютно сухого сырья (в дальнейшем стали производить также дополнительно 35—40 кг кормовых дрожжей из послеспиртовой барды). Затем появились предприятия фурфурольно-дрожжевого профиля (70—80 кг фурфурола и 100 кг дрожжей в расчете на 1 т сухих растительных отходов) и чисто дрожжевого профиля. Отходы этого производства — гидролизный лигнин (30—40% в расчете на абсолютно сухое сырье), который применяют как котельное топливо, а также для получения углей различного назначения, удобрений, уксусной и щавелевой кислот, фенолов, наполнителей для полимерных материалов. Однако чаще всего этот лигнин остается в виде никому не нужных отвалов. Существует и дубильно-экстрактовое производство — источник дубящих веществ. Для их выработки применяют кору ивы, ели, лиственницы, листья бадана, древесину дуба или каштана. Из смолы получают также канифоль. Еще одно направление — пиролизное производство, получение древесного угля из древесины нагреванием ее без доступа воздуха в специальных стальных ретортах и печах.

**Магнетохимия** изучает связь магнитных и химических свойств веществ, влияние магнитных полей на химические процессы. Спиновая химия как раздел магнетохимии уникальна: она вводит в химию магнитные взаимодействия. Будучи пренебрежимо малыми по энергии, магнитные взаимодействия контролируют химическую реакционную способность и пишут новый, магнитный «сценарий» реакции. Получение молекулярных магнетиков, многоспиновых молекул, содержащих неспаренные электроны, спиновых меток тоже можно отнести к спиновой химии.



**Медицинская химия** включает в себя аспекты биологии, медицины, фармацевтики. Она занимается обнаружением, дизайном, идентификацией и получением биологически активных соединений, изучением их метаболизма, интерпретацией способа действия на молекулярном уровне и созданием зависимостей «структура — активность». Таким образом, начав с медицины в XVI веке, химия в нее возвращается, несмотря на некоторый скептицизм медиков. Достаточно сказать, что 70% лекарственных препаратов — продукты синтетической химии, а остальные 30% — фитохимии.



**Металлургия** — область науки и техники, охватывающая процессы получения металлов из руд или других веществ, изменения химического состава, структуры и свойств металлических сплавов. Metallurgical processes are applied and for production of non-metallic materials, in that number semiconductors. Различают пирометаллургию (использование процессов, проходящих при высокой температуре), гидрометаллургию (извлечение металлов химическими реакциями в водных растворах) и электрометаллургию (применение электролиза).

**Механохимия** изучает химические превращения веществ при деформировании, трении, ударном сжатии. Пластическая деформация твердого тела обычно приводит к накоплению в нем дефектов, изменяющих физико-химические свойства, в том числе реакционную способность. Это используют в химии для ускорения реакций, снижения температуры процессов и других путей интенсификации химических реакций в твердой фазе. Механохимическим методом проводят деструкцию полимеров, синтез интерметаллидов и ферритов, получают аморфные сплавы, активируют порошковые материалы.

**Нанохимия** — химия и технология объектов, размеры которых порядка  $10^{-9}$  м (кластеры атомов, макромолекулы). Когда речь идет о развитии нанотехнологий, имеют в виду три направления: изготовление электронных схем (в том числе и объемных), элементы которых по размерам сравнимы с атомами; разработка и изготовление наномашин; манипуляция отдельными атомами и молекулами и сборка из них макрообъектов. Место нанохимии в нанотехнологиях — синтез нанодисперсных веществ и материалов, регулирование химических превращений тел нанометрового размера, предотвращение химической деградации наноструктур, способы лечения болезней с использованием наночастиц.

**Нейрохимия** — раздел биохимии, изучающий химические и клеточные механизмы деятельности нервной системы. Нейрохимия подразделяется на общую, изучающую химические свойства нервной системы вне связи с конкретной

физиологической деятельностью, и функциональную (частную), изучающую химические и молекулярные механизмы деятельности нервной системы в процессе реализации той или иной физиологической функции. Познание химических механизмов деятельности мозга не просто одна из задач биологии, оно играет важную роль в стремлении человека к осознанию самого себя как личности, к пониманию своего места на Земле. Поэтому нейрохимия — одна из самых сложных, современных и бурно развивающихся областей биохимии и нейробиологии. Она тесно связана с такими направлениями биологии, как морфология и физиология нервной системы, молекулярная биология и генетика, а также с клиническими дисциплинами, в частности с нейропатологией и психиатрией.

**Неорганическая химия** изучает химические элементы и образуемые ими простые и сложные вещества (кроме органических соединений углерода). Обеспечивает создание материалов новейшей техники. Число неорганических веществ приближается к 400 тысячам.

**Органическая химия** изучает соединения углерода с другими элементами — так называемые органические соединения и законы их превращений. К концу XX века их число превысило 10 млн. Синтез многочисленных органических веществ привел к созданию новых отраслей промышленности — синтетических красителей, полимеров, искусственного жидкого топлива и пищи. Удалось синтезировать витамины, гормоны, ферменты. Многообразие органических соединений во многом обусловлено изомерией — способностью соединений при одинаковом составе и массе различаться строением, физическими и химическими свойствами. Органическая химия делится на огромное число направлений.

**Нефтехимия** изучает состав, свойства и химические превращения компонентов нефти и природного газа, а также процессы их переработки.

**Органическая геохимия** изучает химический и изотопный состав органических веществ, заключенных в горных породах, их эволюцию в ходе геологической истории, закономерности распределения, а также роль органического вещества в процессах миграции химических элементов в земной коре, формировании месторождений урана, меди, ванадия, германия, молибдена. Этот раздел химии изучает исходные для органического вещества биохимические соединения (углеводы, белки, лигнин) и продукты их преобразования во внешних геосферах (гумус, сапрпель, ископаемые угли, горючие сланцы, нефть) под влиянием бактериальной жизни, температуры, давления и других факторов. Геохимия нефти и угля разделилась на два самостоятельных научных направления. Органическая геохимия близко соприкасается с органической космохимией в части исследования органического вещества космических тел.

**Органический синтез** изучает пути и методы искусственного создания органических соединений. В 1828 году Ф.Вёлер впервые синтезировал органическое вещество из неорганического вне живого организма — провел перегруппировку цианата аммония в мочевины при нагревании в водном растворе. Цели оргсинтеза — получение веществ с ценными физическими, химическими и биологическими свойствами или проверка предсказаний теории. Современный органический синтез многогранен и позволяет получать практически любые органические молекулы.

Окончание следует

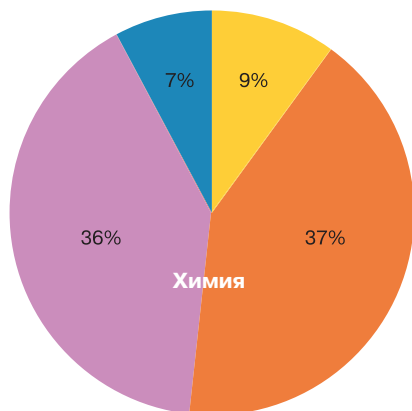
Статья написана по материалам монографии: Аблесимов Н.Е. Синописис химии: Справочно-учебное пособие по общей химии. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005.

# Разноцветная ХИМИЯ

Какого цвета химия, физика, биология, математика? Мне пришлось поразмыслить над этим вопросом, когда стал придумывать эмблему для студенческих научных конференций, ежегодно проводимых в нашей Московской академии тонкой химической технологии имени М.В.Ломоносова. За основу была взята эмблема МИТХТ — тетраэдр: если написать на его четырех шариках слова: «математика», «физика», «химия» и «биология», то он превращается в удачный символ единства естественно-научных дисциплин. Однако одноцветная эмблема выглядела скучновато, и я подумал, что ее надо раскрасить в яркие цвета. Но в какие? Не хотелось выбирать цветовую гамму методом тыка.

Тут как раз случилась выставка «Образование и карьера», которую регулярно проводят для абитуриентов в московском Гостином дворе. Я сидел у своего стенда и наблюдал, как веселые ребята проносились мимо меня в заоблачные выси институтов внешней и внутренней торговли, а также Центра обработки ногтей (было там и такое учреждение). «Вот те, кто мне нужен», — решил я и начал останавливать зазевавшихся школьников (а иногда и их учителей) странными вопросами, заодно награждая их за ответы агитационными буклетами академии. Удивительно, но вопросы о цветах наук не вызывали у них недоумения. Наоборот, и нежные восьмиклассники, и почти готовые к взрослой жизни одиннадцатиклассники, и даже их учителя с неподдельным интересом выслушивали меня, закатывали глаза, задумывались и серьезно отвечали. Так я за пару выставок опросил около двухсот человек, что позволило выявить некоторые закономерности. Правда, однажды мне в голову пришла ужасная мысль: а вдруг школьники называют цвета обложек своих учебников? Пришлось поехать в книжный магазин, проверить: сомнения не подтвердились.

Прежде чем рассказать о своих наблюдениях, сделаю несколько уточнений.



Во-первых, я отвергал белый цвет («я знаю, что ничего не знаю»), черный («я не знаю и знать не желаю»), а также все оттенки скучного серого («а я не знаю, знаю я или не знаю»). Во-вторых, результаты ответов девушек и юношей качественно не различались. Поэтому привожу только общие результаты. Однако замечу, что разброс показаний юношей был заметно больше: возможно, среди них больше шалунов, а может быть, у них хуже со зрением. В-третьих, я не учитывал, как недостоверные, ответы, набравшие менее 7% голосов (как на выборах в Думу). Обработанные таким образом результаты опросов приняли вид круговых диаграмм; назовем их спектрограммами. Процентные значения цветов на спектрограммах в сумме меньше 100%, поскольку учитывались только основные.

Так какого же цвета получились науки? Начнем с ожидаемых результатов. На вопрос о цвете биологии практически все отвечали, не задумываясь. В результате получился этакий зеленый арбуз. С зеленым хлорофиллом все ясно, но откуда взялось красное пятно? Можно предположить, что красный цвет — это цвет гемоглобина, то есть, я говорил с будущими врачами. И все-таки основной цвет биологии — это зеленый цвет жизни. Кстати, он используется в таком известном понятии, как «зеленые технологии».

Физика тоже не требовала долгих раздумий: в неживой природе оказалось что-то чистое металлически сине-голубое. И снова на спектрограмме появля-



Такovy цвета наук по мнению общественности



## УЧЕННЫЕ ДОСУГИ

ется красное пятно. Откуда оно взялось на это раз, становится понятным, когда смотришь на спектрограмму математики. Неожиданным для меня оказалось, что математика красная, хотя и имеет физический синий оттенок.

И все-таки какого цвета химия? Над этим вопросом участники эксперимента задумывались надолго и даже, приняв какое-то решение, часто его меняли, иногда несколько раз. Почти все учителя химии, подумав, говорили: «Она разноцветная». И верно, как можно говорить об общем цвете, например, физической химии и биохимии или, скажем, нефтехимии и парфюмерии? А что можно сказать о химии красок и люминофоров? Однако и для химии удалось построить обобщенную спектрограмму. Она действительно оказалась самой разноцветной из всех наук, сочетая теплые «живые» оранжевый и желтый цвета (вероятно, это органическая химия, биохимия) и холодные «неживые» фиолетовый или сиреневый и синий (надо полагать, это неорганическая химия, физхимия). Действительно, одни и те же вещества может создавать как живая и неживая природа, так и химия. Это и лекарства, и духи, и краски, и ткани, и многое другое. Казалось бы, неживые кристаллы растут как живые существа. А какие любопытные объекты — макромолекулы. С одной стороны, белки и нуклеиновые кислоты — основа жизни, с другой — промышленные полимеры.

Глядя на спектрограмму химии, можно представить себе отдельный химический тетраэдр и заметить аналогию с древней системой четырех основных элементов материи: оранжевый огонь — желтая земля — синяя вода — фиолетовый воздух (или «сиреневый туман?»).

Итак, науки раскрашены, осталось объединить их в естественно-научный тетраэдр. В его середине даже осталось место для разноцветных шариков — естественно-научных дисциплин и наукоемких технологий, бурно развивающихся на стыке разноцветной химии, зеленой биологии, синей физики и красной математики.

Доктор технических наук, профессор  
**А.В.Марков,**  
МИТХТ им. М.В.Ломоносова

ДВАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*SoftTool*

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ»  
КОНКУРС ЛУЧШИХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ «ПРОДУКТ ГОДА»  
СОФТУЛИЙСКИЕ ИГРЫ

27-30 ОКТЯБРЯ 2009 ГОДА

ВТОРАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА  
ПЕРЕДОВЫХ РОССИЙСКИХ РАЗРАБОТОК, ПРОДУКТОВ И УСЛУГ

«ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОГО ГОСУДАРСТВА»

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ФОРУМ  
«ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО, ЭЛЕКТРОННОЕ ГОСУДАРСТВО,  
ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВИТЕЛЬСТВО»

КРУГЛЫЙ СТОЛ С РУКОВОДИТЕЛЯМИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ РЕГИОНОВ РОССИИ  
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ ИТ И ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ

«SITOP 2009»



МОСКВА • ВВЦ • ПАВИЛЬОН 69

ВОСЬМАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА  
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



КОНКУРС ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ «ТВОРЕЦ»  
САПР-ШОУ, «ВЕНДОРЫ БЕЗ ГАЛСТУКОВ»  
БЕСПЛАТНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ  
МАСТЕР-КЛАССЫ, ТОК-ШОУ, ПРЕЗЕНТАЦИИ

На выставке *SoftTool* Вы сможете познакомиться со всеми  
предложениями мирового рынка ПО

Организатор: компания «ИТ-ЭКСПО»  
Тел.: +7 (495) 624-7072, e-mail: softtool@softtool.ru



ОТКРЫТЫЕ  
СИСТЕМЫ



c-news

Пригласительные  
билеты на  
[www.softtool.ru](http://www.softtool.ru)



# СОРБОМЕТР™

## АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокompозитов, катализаторов, сорбентов, и т.д.

### Характеристики

- Диапазон измерения удельной поверхности: 0,1-1000 м<sup>2</sup>/г
- Погрешность измерений: 6% во всем диапазоне
- Полная автоматизация циклов адсорбция-десорбция
- Автоматическая калибровка
- Станция подготовки образцов к измерению

### Прибор **СОРБОМЕТР** обеспечивает

- Измерение удельной поверхности однотоочечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М

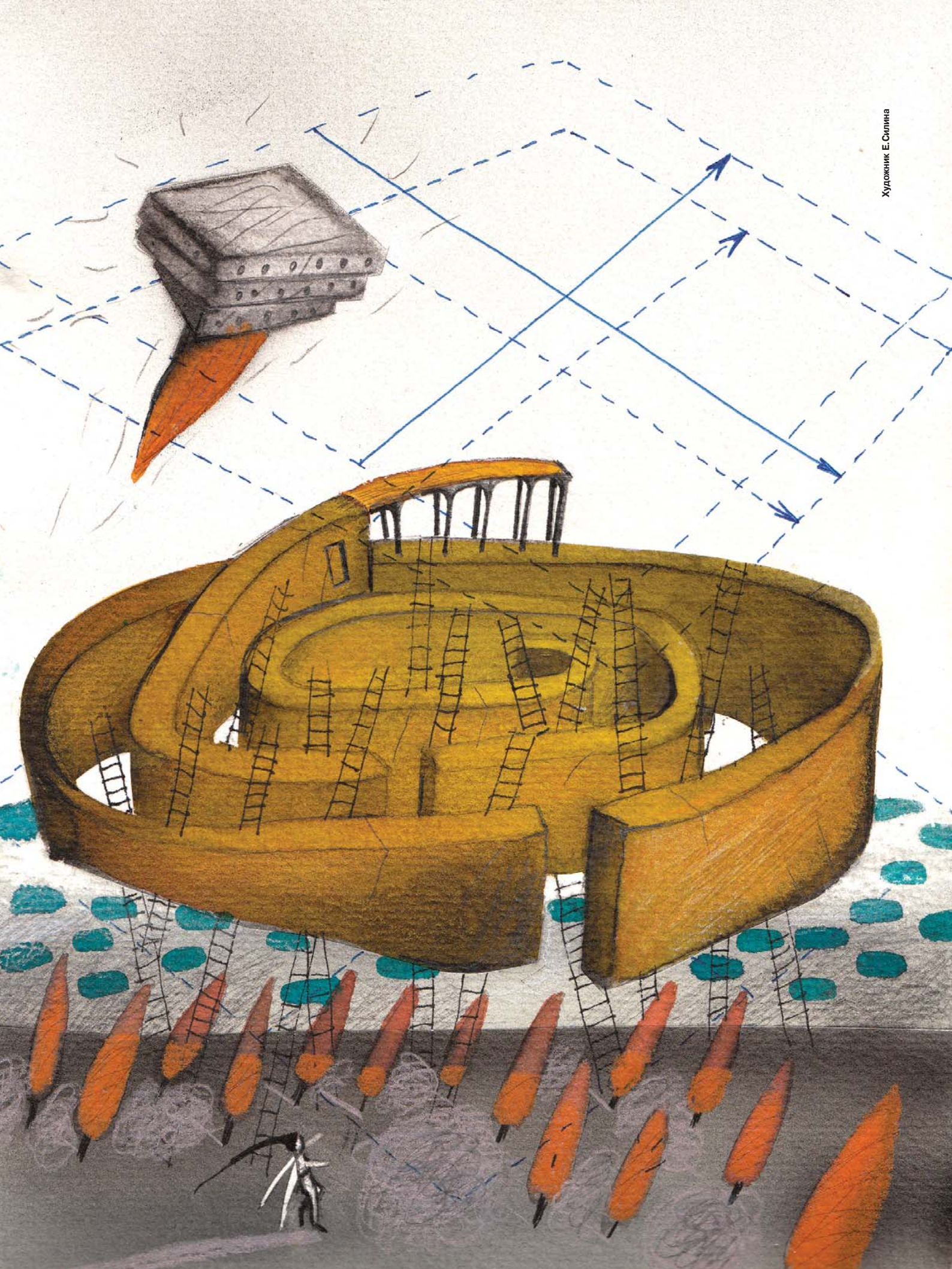


### Прибор **СОРБОМЕТР-М** обеспечивает

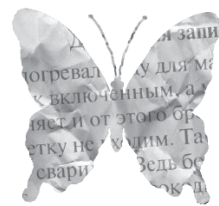
- Измерение изотермы адсорбции
- Измерение удельной поверхности многоточечным методом БЭТ и STSA, объема микро- и мезопор
- Расчёт распределения мезопор по размерам

### Области применения

- Научные исследования
- Учебный процесс
- Химическая промышленность
- Горно-обогатительная промышленность
- Атомная промышленность
- Производство огнеупорных и строительных материалов
- Производство катализаторов и сорбентов



# Последние обряды лета



Эдуард Катлас

ФАНТАСТИКА

Рэй Брэдбери, «Вино из одуванчиков»

Тут не поспоришь — небо над нашим городком чудесное. Великолепное небо. Голубое-голубое. Облачка белые-белые, и движутся так медленно, красиво, величественно. Облака августа — не такие, как облака июня, и совсем уж не похожи на январские. Они особые — такие, что сразу видна их принадлежность к августу. Не скажу, что так везде, но в нашем городе — точно.

Гор у нас нет никаких, а то было бы само совершенство. А так — глазу зацепиться на небе не за что, только вот за облака да за кураторов. Корабль у них огромный, висит над городом не так чтобы высоко, поэтому не заметить его трудно. И еще он черный, слегка блестит на солнце, хоть и не сильно. И тоже очень красивый. Чужая красота, чуждая — но все равно красота. Что-то в изгибах этой не то летающей тарелки, не то пирамиды такое, что сразу понимаешь: нам до кураторов еще далеко. Мы еще кремень скалывать не начали, когда они неевклидову обосновали.

Понятия не имею, есть у них искусство или нет, и это просто математика так им формы кораблей просчитала, но все равно красиво. И гармонично так: небо голубое-голубое, облачка белые-белые, корабль этих выродков черный-черный.

Я художником бы стал, повернись все иначе. Или фотографом, да кто ж теперь выбирает! Семь десятков лет, как никто такими глупостями и не занимается. Завтра как раз и будет: именно в последний день августа они прилетели, кураторы.

Это они так сами себя называют, не мы. А нам-то что — кураторы так кураторы. Вот и кличем, чтобы не путаться. Кураторы нас, значит.

Меня Двойным кличут. Имя тоже есть, но его-то и не знает никто. Двойным — потому что я из новеньких. Таких еще мало, с полным дублированием спирали. А у нас городок маленький — так я и вовсе чуть не один. Поэтому не спутаешь.

Гены мне по-тихому разгоняли, еще в пробирке, папа говорит. Правильно, как же еще — только по-тихому и можно. Не с отчетом же к кураторам по таким темам идти. Не любят они этого. Правильно не любят, кстати.

Им наша самостоятельность не нужна. Наша самостоятельность им показатели портит. Когда Берлин восстал и вся Европа всколыхнулась, они процентов десять по продукции потеряли на месяц, не меньше.

Нет теперь Берлина, воронка только большая. Кураторы, они справедливые. Наказывают сурово, но за дело. Это я так — тренируюсь. Тренироваться надо постоянно, иначе — неблагонадежность. Через сканеры каждый день ведь ходить приходится. И не по разу. На завод, с завода, в поселение, из поселения. Говорят, еще и другие рамки кое-где стоят — для тех, кто базовых избегать умудряется.

Да только эти овцекрылы (это я ласково их, поскольку уважаю) за семь десятков лет так и не поняли, что сканеры их — фуфло полное. Их обмануть — только в путь. Теперь нас с детства учат — думать правильно. Думать вовремя. Думать сложно — так, что ни один сканер не разберет, как я этих осликов... обожаю.

Я летун. В смысле — меня в пробирке до летуна разогнали. У меня крылья есть. Ни у кого нет, а у меня есть. Огромные, намертво приросшие к плечам, а с предплечьем связанные толстой перепонкой. И в распахнутом виде уходящие еще дальше — метра на полтора в каждую сторону. Иначе мне не взлететь — человечье тело тяжелое. Хотя я легкий — у меня и кости другие, не как у всех, и обмен веществ почти как у птиц. Сейчас я меньше пятидесяти вешу, а когда крылья пророснут, то в теле сорок останется. Остальные в перья да хрящи уйдут.

Понятно, что сейчас я полететь не могу — крылья спят. Меня разогнали, но крылья спят — они же спрятаны. Кураторам о моих крыльях знать совсем ни к чему.

Но они мне каждую ночь снятся. Каждую ночь я летаю. Я умею планировать. Умею рваться ввысь на одних лишь нервах. Умею падать камнем вниз, почти до самой травы, а потом выравнивать полет в крутом вираже. Лететь над самой землей, низко-низко, пугая всякую мелкую живность, тоже умею.

Я каждое свое перышко помню. Каждое могу чуть повернуть, притормозить, разогнаться, повернуть, куда надо. У меня не просто перепонки будут, нет. Настоящие крылья, с перьями. Вроде белые, хотя тут я не уверен.

Мама говорит, что все дети летают во сне, — это значит, они растут. Я тоже расту, но эти сны — не мои. То есть мои, но они мне предначертаны (это тоже мамино слово). И мне они снятся каждую ночь. Как только я засну — я начинаю летать.

Папа говорит, что из-за этого у меня нет других снов, программу обучения тоже пришлось скрыть — в снах. А из-за этого мне не снится больше ничего, кроме моих полетов. Папа всего раз сказал, что ему жаль, что так. Но он же просто не знает, как это здорово — летать. Совсем не знает. Ему же еще и сорока нет, папе. А людям запретили подниматься в небо. Семьдесят лет назад.

Сказочник говорит, что раньше люди не просто летали, хоть и крыльев у них не было. Раньше мы даже в космос поднимались — туда, откуда кураторы. Только кураторы откуда-то еще дальше, поэтому они нас нашли, не мы их.

Историю тоже нельзя изучать, поэтому мы сказки рассказываем. Сказки про то, как раньше хорошо было. Как мы дружно жили на всей планете, учились, летали и строили. Работали и делали разные полезные вещи.

Сейчас мы только этим и занимаемся — делаем полезные вещи. Только не для себя — для них. И даже не знаем, кому эти вещи нужны. Они не говорят. Не говорят, а мы не знаем.

Мы же глупые. Сидим у себя на маленькой пыльной планете и думать не думаем, что это такое. Ни один самый умный у нас и не догадывается, что эти параллелепипеды с неоднородной молекулярной структурой — заготовки для энергетических винтовок. Их и доделать-то всего ничего, приборчик нужен небольшой. Нажал на кнопочку, лишнее осыпалось — отдав энергию на аккумуляторы, и винтовка готова к бою.

И конечно, у нас таких приборчиков нет и быть не может.

Правда, у нас Преобразователи есть. Тоже, как я, — разогнанные в пробирках. Но ни один из них ни одной заготовки силой своей не тронул за всю жизнь. Не время.

Интересно, а какие сны Преобразователям снятся? Снится ведь что-то? Или преобразовывать легче — и у них сны как у обычных детей?

Мне сейчас шестнадцать. Впрочем, так и задумывалось. Мне и должно быть шестнадцать сейчас, в конце лета, через семьдесят лет после.

Мы продукции немного для них делаем. Ровно столько, сколько можем. В нашем городе — винты, то есть параллелепипеды, в других — еще всякое разное. Даже истребители для космоса делаем — маленькие такие, юркие, одно загляденье. Я один раз был в гостях у тети и дяди — мне показывали. То же самое, что и нас, только чистый куб — и больше гораздо.

Так вроде смотреть не на что, конечно. Только дядя у меня Смотрящий — один из первых разогнанных. Если его за руку взять и на неоднородную молекулярную структуру взглянуть, то сразу все и видно. Суть вещей видеть — это здорово. Если я бы не был летуном, то очень хотел бы стать смотрящим. Но летун — конечно, еще лучше.

Так вот — немного мы для них и делаем. Сколько четыре миллиарда сделать могут — совсем немного. А наш городок так и всего ничего. И то не всегда справляемся. Шесть лет назад, я еще совсем мальцом был, норму за месяц не успели — кураторы каждого десятого в городе выжгли. Они справедливые.

Меня спрятали. Разогнанных всегда прячут. И под чистку мы никогда не попадаем. Полиция же, она тоже из людей. Только тридцать лет назад позволили. Тогда, говорят, и кое-что получаться стало. До этого не продохнуть было — а сейчас чуть легче. Кураторы умные — но их мало. Приходится им все больше всяких мелочей нам доверять. За порядком следить, например. За тем, чтобы все кураторов любили. Не знаю почему, но кураторы считают, что каждые двадцать из ста их не любят. За поколение — двадцать из ста. Наверное, у них на других планетах так всегда было. Ведь есть же у них и другие планеты, как не быть.

Это они тоже нашей полиции доверили — усмирение. Одного из трех сотен каждый год — вынь да положь. Где полиция и сама знает, кого взять, где — жребий кидают. Говорят, что и плохие гены лет двадцать как в крематории выбраковывают.

Папа говорит, что мы вроде муравьев стали или пчел. Каждый отвечает за свою маленькую работу. Кому-то летать придется, кому-то активировать, а кому и умирать — пока время не пришло. Это тоже работа такая, папа сказал, — умирать.

Там много хороших людей, в полиции. Иногда и им попадает. Кураторы ведь умные. Они еще доносы очень любят. Особенно на полицию. Они считают, что в полиции тоже трое из сотни их не любят. Поэтому у нас есть такие люди, которые им про плохих полицейских рассказывают, про тех, что их не любят. И в тот же крематорий...

Главное, чтобы кураторы были довольны и спокойны. Когда они спокойны, то и хорошо. А то вот говорят, итальянцы очень горячий народ были, никому не хотели подчиняться... так весь полуостров теперь под водой. Чуть-чуть его придавили вниз.

Да, я много знаю. И сказок про прошлое, и вообще. Меня мама учит. У нас только родители учат — это разрешено. Мама меня учит и читать, и писать. Сказки, конечно, она не любит рассказывать — это больше сказочника дело. Но зато она научила, что если светлячков в банку посадить побольше, то они еще почти час в темноте будут светиться. У нас много светлячков, под городом. Потому что ни у кого времени не хватает туда попасть.

А если сверчка найти и посадить в тихий угол, лучше за батареей куда-нибудь, то он и в городе жить будет. Этому меня тоже мама научила. У меня такой почти год в спальне жил. Тихонечко жил — не шумел. Стрекотал, только если я попрошу, понимающий был сверчок. Потом делся куда-то.

Мама у меня вообще умная и много вещей знает, о которых я и не догадываюсь. Только добрая слишком, папа говорит. Папа говорит, что нельзя нам такими быть, добрыми. Пока нельзя.

А я думаю, что можно. Иначе как? Мы можем и с крыльями быть, и с мозгами переделанными, и в крематорий послушно строиться, но без доброты мы не сможем. Я так считаю. Когда-нибудь, может, и не сейчас, тут папа прав, она нам очень понадобится, доброта. Чтобы кураторов пожалеть хотя бы.

Счетчики сказали, что конец лета — идеальное время. Конец лета через семьдесят лет после прихода кураторов. Счетчики посчитали, что у нас есть целых пятнадцать процентов шансов на победу. Потом меньше будет, до — тоже рано.

Мне счетчиков больше всего жалко, даже больше, чем полицейских.

Я-то верю, что мы победим. Мне считать не надо — я просто верю, и все. А они верят в свои пятнадцать процентов, потому что так их разогнали — считать. Плохо им сейчас, наверное, думать, что у нас есть восемьдесят пять процентов на полное уничтожение. Тяжко так жить.

А мне легко. Победим мы, пчелки всегда побеждают. И муравьи — тоже живучие. Как их одолеть, они же все заодно! Как и мы.

Меня активируют. Обряд за обрядом.

С утра мама сделала мне маленький укол. После завтрака папа сделал мне красивую татуировку на шее, такую крошечную зеленую змейку. Что-то еще было, когда я на завод заходил, хотя я и не почувствовал. Просто сказали — обязательно пройти через определенную дверь. Там пройдет обряд облучения.

Сейчас ко мне незнакомый парень подошел, почти у дома. Показал ладонь и сказал, что порезался.

Это тоже обряд — вроде как последний. Обряд активации крови. Я знал, что делать. Сжал ладонь, в которой была спрятана колючка. Было совсем не больно. Взял его руку в свою. Сказал: «Ничего страшного, скоро заживет». И пожал ему руку. Кровь смешалась с кровью.

Реакция началась сразу, парень еще за угол не завернул. Теперь моя кровь скоро станет взрывчаткой. Очень мощной. Настолько мощной, что сможет пробить броню у антигравов корабля кураторов.

Я сразу почувствовал сонливость. Мне говорили, что так и будет. Хорошо, что я был рядом с домом. Осталось только зайти и лечь в кровать.

Завтра я проснусь с крыльями, белыми-белыми, как облака на небе. Прыгну с подоконника, взлечу вверх. Быстро, что есть силы, — и к кораблю.

Как только я буду поближе к двигателям, кто-то, наблюдающий с земли за белым перышком в небе, нажмет на зеленую змейку у себя на шее. И корабль кураторов упадет вниз.

И четыре миллиарда муравьев пойдут на штурм. Четыре миллиарда жал ужалят.

Активаторы будут заряжать оружие. Спороносцы — окутывать корабли огромными выюнами, чтобы кураторы не смогли взлететь никогда.

Взрыватели, с такой же кровью, как и у меня, — пойдут к шлюзам, пробивать проходы. Вслед за ними пойдут броненосцы, которые сейчас тоже спят, обрастая пластинами бро-

ни из плоти. Пилоты вспомнят свои сны и поднимут истребители на орбиту.

И лишь потом, вслед за разогнанными, двинутся остальные, с энергетическими винтовками, ножами и камнями.

Мне хочется всего двух вещей.

Мне хочется, чтобы после того, как мы победим, люди остались добры к этой Вселенной.

И кроме того, мне хочется, чтобы завтра я увидел в небе еще хоть одни белые крылья. Чтобы мы летели вверх вместе. Это должно быть так красиво. Особенно если облака...

С этими мыслями я уснул.

И этим сном окончилось лето две тысячи семьдесят восьмого года.



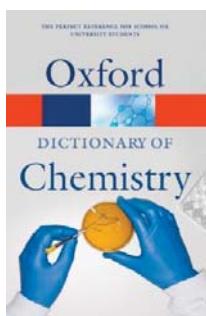
# Московский Дом Книги

## СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Oxford Dictionary of Chemistry USA: Oxford University Press, 2009



Оригинальный Оксфордский словарь на английском языке. Содержит более 4700 статей, раскрывающих все аспекты химии, физической химии и биохимии. Также включает в себя биографические справки о ведущих ученых. Будет интересен студентам и широкому кругу читателей.

А.А.Аскадский, А.Р.Хохлов

Введение в физико-химию полимеров М.: Научный мир, 2009



В книге изложены основные представления о структуре и физических свойствах полимеров, а также физические принципы современных экспериментальных методов по измерению этих свойств. Рассмотрена конформационная теория отдельной полимерной цепи, физика полимерных ра-

створов и расплавов. Много внимания уделено последним достижениям в статистике полимеров (теория скейлинга, теория переходов «клубок-глобула», представление о рептациях ит.д.).

Для студентов и аспирантов физических и химических специальностей, изучающих полимеры, а также для научных работников и инженеров-исследователей, разрабатывающих полимерные материалы.

У.С.Клаг, М.Р.Каммингс  
Основы генетики М.: Техносфера, 2009



Авторы выбрали удачную форму рассказа о современных достижениях генетики — они представлены в виде обзора новых экспериментальных работ. Это помогает читателю увидеть живую науку, а не формальный набор терминов и закономерностей, а также способствует усвоению материала и пониманию основ науки. При этом авторы не заигрывают с читателем и не упрощают текст, а строго излагают факты. Поэтому книга может служить хорошим учебником по основам молекулярной биологии и генетики. Она не требует от читателя специальных знаний, но вместе с тем очень современна и создает базу для изу-

чения более специализированных сложных работ. Книга написана хорошим языком и будет полезной студентам, биологам, физикам и всем, кто желает обновить свои знания в области генетики.

Карл Шейд  
Опыты по химии для начинающих М.: URSS, 2009



Книга содержит большое количество практических опытов, предназначенных начинающему любителю химии. Главная цель книги — помочь читателям практически ознакомиться с разнообразными химическими явлениями. Наряду с огромным числом простейших опытов, в книгу включены и более сложные, требующие значительных навыков и опыта. Автор постарался расположить опыты в порядке возрастания трудности, однако во многих случаях он руководствовался и другими соображениями. Читатель может смело приступить к выполнению опытов, начиная с первого, и потихоньку продвигаться вперед — по мере приобретения навыка он сможет выполнить и более сложные. В книге 42 рисунка.

Рекомендуется любителям химии, в том числе школьникам, студентам, учителям, руководителям химических кружков.

# Одуванчик

**Что за растение одуванчик?** На нашей планете растет более 1000 видов одуванчиков (*Taraxacum*). Они относятся к семейству сложноцветных, поэтому их желтый «цветок» на самом деле представляет собой соцветие-корзинку. Мы говорим о виде, который называется по-латыни *Taraxacum officinale*. «Официнале» – это «лекарственный», а слово «тараксакум» означает «болезнь глаз».

**Съедобен ли одуванчик?** Весной, когда люди истосковались по витаминам, а свежей зелени на грядках еще нет, из земли вылезают собранные в розетки листья одуванчика – витаминная посылка природы. Одуванчик не просто съедобен, он включен в списки пищевых растений. Во Франции даже существуют культурные сорта одуванчика с более крупными и мягкими листьями, а зимой его выращивают в теплицах. В России до революции тоже были салатные сорта, но сейчас они утрачены.

В пищу пригодно все растение, только у каждой его части – свой сезон. Весной из молодых листьев одуванчика готовят салаты, пюре и приправы к мясным и рыбным блюдам. Затем наступает пора цветения. Листья в это время становятся грубыми и невкусными, но можно собирать соцветия с полезнейшей пыльцой и варить из них сироп, напоминающий по вкусу мед. Лепестки одуванчика применяют в качестве пищевого красителя. Цветочные почки маринуют и используют вместо каперсов. Сентябрь – время корней. В это время они особенно богаты питательными веществами. Корни можно просто жарить, как картошку. А если пожарить их без масла до коричневого цвета, получится заменитель кофе.

**Чем полезен одуванчик?** Свежие листья одуванчика богаты витаминами С и Р, А, В<sub>2</sub>, Е, РР и содержат макро- и микроэлементы, в том числе железо, медь, бор, никель, марганец, кальций и фосфор, которого в одуванчике больше, чем в листовых овощах. Цветочная пыльца – тоже кладезь микроэлементов, а еще там есть каротиноиды, лютеин и витамины. Корни к осени накапливают до 40% инулина, сахара, в основном фруктозу, жирные масла и дубильные вещества, около 15% белка и 12% клетчатки. Их даже используют как сырье для производства фруктозы.

**Как съесть горький одуванчик?** Все части одуванчика содержат горький гликозид тараксацерин, поэтому его листья нельзя просто порубить в салат – такое блюдо невозможно будет есть. Существуют три способа избавиться от горечи. Способ первый – отбеливание. Прорастающие розетки листьев надо накрыть чем-нибудь светонепроницаемым. Через несколько дней укрытые листья побелеют и вытянутся. Они сохраняют упругость, а горечь у них пропадает.

Однако закрывать каждый листочек от солнца хлопотно, поэтому большинство людей предпочитает другие методы. Одуванчик можно просто ошпарить кипятком. От этого листья потеряют горечь, а вместе с ней и часть витаминов. К сожалению, ошпаренные листья темнеют и становятся мягкими, поэтому в салате смотрятся неаппетитно. Из них можно приготовить не салат, а пюре из вареных листьев. А еще листья одуванчика можно пожарить. Целые розетки сначала отваривают в 5%-ном растворе соли, потом панируют в толченых сухарях, обжаривают и подают горячими вместе с кусочками жареного мяса.

А если хочется салата из зеленых листьев, их можно просто вымачивать минут 20 в соленой воде. Чем мельче они порезаны, тем быстрее уходит горечь.

Корни одуванчика тоже горькие, но при нагревании гликозид разлагается, а жареные корни становятся сладковатыми. Иногда корни просто сушат и перемалывают, чтобы затем приготовить отвар. Напиток получается слишком горьким, и тогда к нему для смягчения вкуса добавляют кофе.

**От чего лечит одуванчик?** Одуванчик – растение не только пищевое, но и лекарственное. Ту горечь, от которой стремятся избавиться кулинары, медики используют, чтобы улучшить аппетит и пищеварение у пациентов. Горечь раздражает вкусовые рецепторы языка и слизистой оболочки ротовой полости, они возбуждают пищевой центр, который, в свою очередь, стимулирует секрецию желудочного сока.

Витамины С и Р, которыми так богат одуванчик, играют важную роль в обмене веществ, укрепляют сосудистую стенку, делают ее более эластичной и тем самым отчасти предупреждают возникновение ин-



фарктов, варикозное расширение вен и образование тромбов.

Все растение содержит микроэлементы, которые способствуют выведению холестерина и шлаков, поэтому одуванчик – неплохая профилактика атеросклероза. Одуванчик помогает при хронических заболеваниях печени, камнях в желчном пузыре и в почках, при воспалительных заболеваниях почек. Употребление одуванчика улучшает память, общее состояние и деятельность желудочно-кишечного тракта. Корни одуванчика используют как мочегонное и желчегонное. Они полезны диабетикам, поскольку содержат инулин, а не крахмал. Настой из корней одуванчика – это потогонное, тонизирующее и кровоочистительное средство. При простуде одуванчик может заменять аспирин.

По утверждению известного фитотерапевта К.А.Трескунова, одуванчик при внутреннем употреблении может служить контрацептивом для мужчин, но при этом не снижает потенцию. (Редакция доверяет К.А.Трескунову, но не несет ответственности за последствия.)

Наружно употребляют млечный сок одуванчика: его используют для выведения мозолей и как косметическое средство для удаления угрей, веснушек и кожных пятен.

Одуванчик кажется панацеей, однако у него есть противопоказания. Поскольку это желчегонное средство, его не стоит принимать при закупорке желчных путей. Не показан он и при язвенной болезни и гастрите, поскольку повышает кислотность.

**Что такое млечный сок одуванчика?** Млечный сок растения содержит гликозиды и 2–3 % каучуковых веществ. По составу он чрезвычайно близок к соку бразильского каучукового дерева. Существуют виды одуванчика с повышенным содержанием каучука, например кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz*). Время от времени его корни пытаются переработать в натуральный каучук, но пока эти проекты успеха не имеют. Недавно о своих планах заявила американская шинная компания «Cooper». Совместно с Программой по поиску альтернативных источников каучука (PENRA) она планирует через три-четыре года начать производство небольшой пробной партии шин.

**Какие напитки можно приготовить из одуванчика?** Из одуванчика готовят чай, кофе, сок и вино. Кофе из жареного и молотого корня, конечно, не настоящий, но зато его могут пить те, кому противопоказан кофеин. Поскольку жареный корень становится сладковатым, у напитка довольно приятный вкус. Он хорошо действует на печень и улучшает аппетит.

Одуванчиковый чай заваривают из сушеных или свежих листьев и настаивают 5–10 минут. Этот напиток хорошо очищает организм, а пить его лучше с утра. Одуванчиковый чай – сильный диуретик. Если выпить его на ночь, сон будет беспокойным. Тем, кто пьет такой чай регулярно, врачи советуют приналечь на продукты, содержащие калий: яблоки, бананы, морковь, апельсины и печеный картофель. Это традиционная рекомендация для людей, принимающих мочегонные средства.

Сок одуванчика – ценнейшее тонизирующее и общеукрепляющее средство. Он укрепляет кости и предотвращает пародонтоз, нормализует обмен веществ, снижает уровень холестерина в крови и полезен при анемии. На сок идет все растение. Его вымачивают в холодной подсоленной воде, чтобы убрать горечь, а затем измельчают и экстрагируют сок небольшим количеством воды. Сок одуванчика можно разбавлять рисовым или овсяным отваром, подслащивать медом и консервировать спиртом или водкой.

Вино из одуванчиков стало популярным благодаря повести Рэя Брэдбери, однако напиток этот делали в Англии еще в Средние века. Современные рецепты предлагают добавление изюма и цедры лимона, а также длительную выдержку. Дедушка Сполдинг действовал проще. Чтобы приготовить вино из одуванчиков, надо насобирать с утра желтых корзиночек, только не мыть их, чтобы осталась полезная пыльца. Из соцветий отжимают сок, добавляют к нему сахар (4 столовые ложки на 1 л сока) и воду и оставляют бродить. Готовое вино процеживают и сливают в бутылки. Пьют его не только ради воспоминаний о лете, но и для очистки печени.

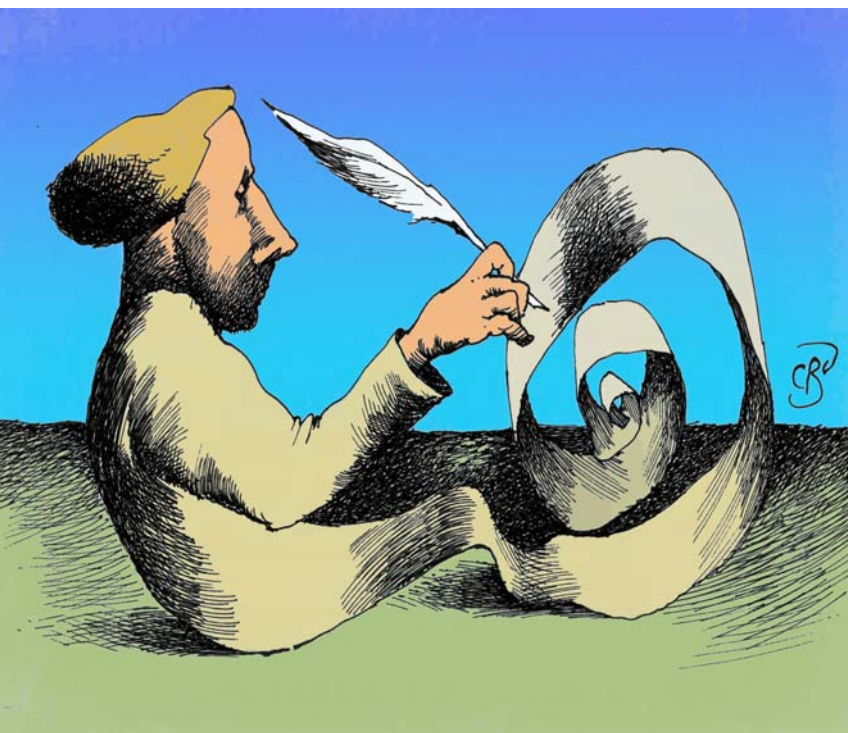
**Н. Ручкина**



**НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ  
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ**

Художник Е. Станикова





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Как подогреть планету

В середине XX века в Европе перестали топить углем, и это привело к потеплению. Звучит парадоксально? Тем не менее такое вполне возможно, поскольку массовые выбросы мелких частиц и двуокиси серы десятилетиями поглощали солнечное излучение. Ведь еще сто лет назад на всю мощность работали огромные заводы, топливом для которых служил уголь.

Подтверждение этой гипотезе ученые нашли, изучив частоту туманов в течение года (видимость меньше одного километра) и дымки (видимость от 1 до 5 километров). Данные удалось получить из архивных документов аэропортов. Оказалось, что за последние тридцать лет туманов стало вполтину меньше («Nature Geoscience», 2009, январь). Именно тридцать лет назад закрылись заводы, работавшие на угле.

В Западной Европе резко сократили использование угля в 1960-х годах, а в Восточной Европе после падения Берлинской стены в 1989 году. Это совпало со средним повышением температуры на  $0,5^{\circ}\text{C}$  за десять лет, тогда как на остальных континентах температура повышается только на  $0,27^{\circ}\text{C}$ . Ученые сделали вывод, что отсутствие выбросов привело к потеплению в Западной Европе на 20%, а в Восточной на целых 50%!

Впрочем, чистое небо отнюдь не единственный способ, которым человек может подогреть место своего обитания. Например, если бессистемно располагать здания, то нарушается движение приземного слоя воздуха. Именно это отметили ученые из Алабамского университета во главе с доктором Джоном Кристи (принято к публикации в «ASM Journal of Climate» в 2009 году). Они изучали интересный феномен: ночи в городах Кении и Танзании за последние 35 лет стали теплее в среднем на градус, дневная же температура осталась прежней. «Общее количество тепла в окружающей среде не изменилось, а вот способ его рассеивания благодаря развитию человеческих поселений стал иным. Накаленные солнцем асфальт и бетон ночью подогревают воздух, а дома мешают вечернему бризу убрать это тепло», — говорит доктор Кристи.

В.Лешина

Пишут, что...



...в марте 2009 года на территории Судана впервые найдены фрагменты астероида класса F — того самого, который наблюдали в октябре 2008 года («Nature», 2009, т.458, □ 7237, с.401—403, 485—488)...

...Объединенный институт ядерных исследований в Дубне до 1 августа 2009 года принимает заявки на премию имени Н.Н.Боголюбова, которая вручается ученым до 33 лет за вклад в теоретическую физику в области нелинейной механики, статистической физики, квантовой теории поля или теории элементарных частиц («CERN Courier», 2009, т.49, □ 3, с.35)...

...изменение содержания  $\text{CO}_2$  в кольцах спилов деревьев может быть связано с ростом концентрации атмосферного углекислого газа («Оптика атмосферы и океана», 2009, т.22, □ 2, с.207—212)...

...в грунтах, умеренно загрязненных нефтепродуктами, спонтанно развивается микрофлора, окисляющая углеводороды («Сибирский экологический журнал», 2009, т.16, □ 1, с.29—35)...

...чтобы предотвратить изоляцию популяций гризли и других крупных млекопитающих в Йеллоустоунском парке, принято решение в местах их миграций построить мосты через шоссе («New Scientist», 2009, т.201, □ 2701, с.40—43)...

...лаборатория Колд-Спринг-Харбор выпустила новое методическое руководство для биологов, посвященное модельным организмам («Science», 2009, т.323, □ 5922, с.1674—1675, <http://cshprotocols.cshlp.org/emo/>)...

...предложены спектральные методы определения хлорофилла в растительности, находящейся под антропогенным воздействием («Оптика и спектроскопия», 2009, т.106, □ 3, с.514—517)...

...уникальные особенности сна китообразных — способность спать во время плавания с одним открытым глазом и отсутствие парадоксального сна в том виде, в каком он имеется у других млекопитающих («Журнал эволюционной биологии и физиологии», 2009, т.45, □ 1, с.97—104)...





...после операции по устранению косоглазия полезно носить очки, сила линз которых увеличена в среднем на две диоптрии по сравнению с близорукостью, определенной для каждого глаза отдельно («Сенсорные системы», 2009, т.23, □ 1, с.24—39)...

...идентифицировать бактерии, вирусы и грибы можно с помощью масс-спектрометрии их ДНК («Биоорганическая химия», 2009, т.35, □ 2, с.149—164)...

...причина сходства развития мозга у различных групп амфибий — не общность происхождения, а универсальность механизмов формообразования («Известия РАН. Серия биологическая», 2009, □ 2, с.167—178)...

...повреждающему действию мицелиальных грибов подвержено около 25% производимого в мире продовольствия («Микробиология», 2009, т.78, □ 1, с.128—133)...

...представление о том, что дополнительный прием витаминов E и C снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, экспериментально не подтверждается («Кардиология», 2009, □ 3, с.69—70)...

...на территории Московской области с 2001 года регистрируются случаи переноса малярии насекомыми; в последние два-три года ситуация стабилизировалась, но область остается «уязвимой» для этого заболевания («Медицинская паразитология и паразитарные болезни», 2009, □ 1, с.19—21)...

...методами капиллярной газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии изучен запах консервированных и вареных белых грибов и вешенок; по результатам даны рекомендации проводить термообработку грибов минимальное время и без доступа воздуха («Прикладная биохимия и микробиология», 2009, т.45, □ 2, с.207—213)...

...Московскому зоопарку рекомендовано приобрести полезные культуры микроорганизмов — для внесения в почву, которая в настоящее время не справляется с биодеструкцией органики («Почвоведение», 2009, □ 3, с.373—380)...



Художник С. Держачев

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Здоровый сон синапсов

«Если всю ночь перед экзаменами не спать, а читать учебник, то на следующий день ничего не забудешь и легко перескажешь его преподавателю», — уверены многие студенты. «Ты поспи и все забудешь, сон сердечные раны хорошо лечит», — утешают несчастного влюбленного. Что это, суеверия или же эмпирическое знание особенностей поведения мозга?

Второе, уверенно отвечают ученые из Вашингтонского университета во главе с доцентом Полом Шоу («Сайенс» от 3 апреля 2009 года). Здоровый сон стирает ненужные сведения и освобождает память для новых данных. Это они установили в опытах на дрозофилах-мутантах, у которых можно было проследить за образованием и исчезновением синапсов — отростков, связывающих нейроны друг с другом. Считается, что, именно соединяясь синапсами, они запоминают информацию.

Как ни странно, плодовые мушки спят примерно так же, как и люди. Во всяком случае, если им долго не давать заснуть, они потом отсыпаются вволю, как студент после экзаменов. Эксперименты Шоу и его коллеги проводили двумя способами. Во-первых, они помещали экспериментальных мушек в пробирку с другими мушками, а потом смотрели на их сон: после насыщенного общения с себе подобными он оказывался на два-три часа дольше, нежели у дрозофил, пребывавших в однообразном одиночном заточении. Второй эксперимент имел прямое отношение к неразделенной любви: самцов запускали в пробирку, где была самка, уже создавшая пару, либо вообще самец-мутант, пахнущий женскими феромонами. В обоих случаях участникам эксперимента доставались одни разочарования, причинявшие глубокую душевную травму: даже спустя два дня они отказывались обращать внимание на любых самок (то есть достоверно запомнили предыдущее фиаско) и при этом много спали.

Анализ синапсов в их мозгах показал, что из 200 тысяч нейронов лишь 16, связанных с циркадианным ритмом, участвуют в запоминании. У мушек, которые много спали, число новых синапсов потихоньку уменьшалось, видимо разрушая неприятные воспоминания, а если им спать мешали, такого не происходило. Пол Шоу продолжает свои эксперименты в надежде выяснить, как возросшее число синапсов влияет на сон. А из проделанной работы сделал важный вывод: если в связи с кризисом вы нервничаете и плохо спите, это неправильно — только здоровый сон освобождает синапсы и даст возможность соображать быстрее.

С.Анофелес



# Не только грудь

**Н**аверное, нет человека, который бы не знал, почему красавицы с пухлыми губками и обворожительными формами на обложках гламурных журналов называются «силиконовыми». Слово «силикон» ассоциируется с дорогостоящими пластическими операциями, доступными далеко не каждому. А в обычной жизни ему и места нет. Так ли это? Давайте разберемся.

Термин «силикон» не связан с химическим строением вещества. Его предложил английский химик Фредерик Киппинг для удобства произношения. А точное название этого класса веществ — полиорганосилоксаны или кислородосодержащие кремнийорганические соединения. Кремний как ближайший аналог углерода давно привлекал внимание ученых. Нельзя ли создать новую, «кремниевую» химию по аналогии с органической, заменив в основной цепи молекулы углерод на кремний? Первооткрывателем принципиально нового класса веществ был знаменитый советский химик К.А. Андрианов. В 1937 году в Советском Союзе впервые был получен полимер, в молекуле которого к длинной цепочке, состоящей из чередующихся атомов кремния и кислорода, присоединены боковые органические радикалы — так химики называют углеводородные группы, метиловые или этиловые. Этот класс кремнийорганических полимеров и называется силиконами. Меняя длину основной цепи молекулы и боковые радикалы, можно синтезировать силиконы разной консистенции: в виде жидкости, геля, резины или твердого пластика.

Самое широкое применение получил жидкий силикон, так называемое силиконовое масло — бесцветная, прозрачная как вода маслянистая жидкость, не имеющая запаха. Свойства силиконового масла уникальны — хорошая сжимаемость, устойчивость к высоким температурам и при этом постоянство вязкости. Поэтому лучшие присадки для моторных масел, «жидкие пружины» в разнообразных механизмах, диэлектрики в трансформаторах, амортизирующая жидкость для чувствительных приборов, устраняющая дрожание стрелки даже при значительных вибрациях, — это все силиконовое масло.

Силиконовая резина, или каучук, — высокоэластичный материал, внешне похожий на натуральную резину, — отличный изоляционный материал, особенно для самолето- и судостроения. Он надежно работает в широком диапазоне температур — от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$  — без появления хрупкости. Транспортеры для горячих и липких изделий, шланги горячего воздуха, жароупорные прокладки и детали прожекторов и многое другое сделаны из силикона. Самые лучшие современные герметики — материалы для заделки швов, трещин и щелей — это чистый силиконовый каучук. Они не просто уплотняют соединения, но и противостоят силовым нагрузкам, а в некоторых случаях могут заменить даже сварку.

А в быту? Может быть, вы и не подозреваете, что каждый день пользуетесь вещами, содержащими силикон. Он есть в пищевых полуфабрикатах, вареньях и джемах (как регулятор вспенивания), в напитках и лекарствах. Более половины косметических средств содержат силикон: с ним шампуни хорошо пенятся и делают волосы блестящими и шелковистыми, тушь равномерно и без комочков ложится на ресницы, а губная помада нежно блестит на губах.

Нетканое полотно из полиэфирных силиконизированных волокон (скрученных спиралью и обработанных силиконом) используется в производстве спортивной одежды, одеял, игрушек и мягкой мебели. Для аллергиков и больных астмой хороши подушки с силиконизированным наполнителем. Одежда и обивочная ткань, пропитанные силиконом, становятся пыле- и водоотталкивающими и приятными на ощупь.

А в медицине силикон просто бесценен! На сегодня это самый лучший материал для имплантации в организм человека — биологически инертный и безопасный. Впервые он был использован при операции по коррекции формы грудной железы. Американского хирурга Томаса Кронина называют отцом силиконовой груди. Сначала он вшил в каче-

**Н.К.БОЧАРОВУ**, Ярославль: *Магической, или волшебной, кислотой называют эквимольную смесь фторсульфоновой кислоты  $\text{HSO}_3\text{F}$  с пентафторидом сурьмы  $\text{SbF}_5$ ; для нее характерно более отрицательные значения функции кислотности, чем для концентрированных водных растворов сильных кислот, и она может расщеплять парафины.*

**М.И.ЛИВШИЦУ**, Ульяновск: *Фаянс, как и фарфор, содержит глинистый компонент, кварц и полевого шпат, но последнего компонента в фаянсе меньше, отсюда его непрозрачность.*

**Н.И.ЛАЗАРЕВОЙ**, Тула: *Металлические изделия лучше покрывать не любым нитроцеллюлозным лаком, а цапонлаком; существуют также различные полиуретановые и акриловые лаки по металлу; некоторые лаки годятся для работ и по металлу, и по дереву, но это должно быть специально указано в инструкции по применению.*

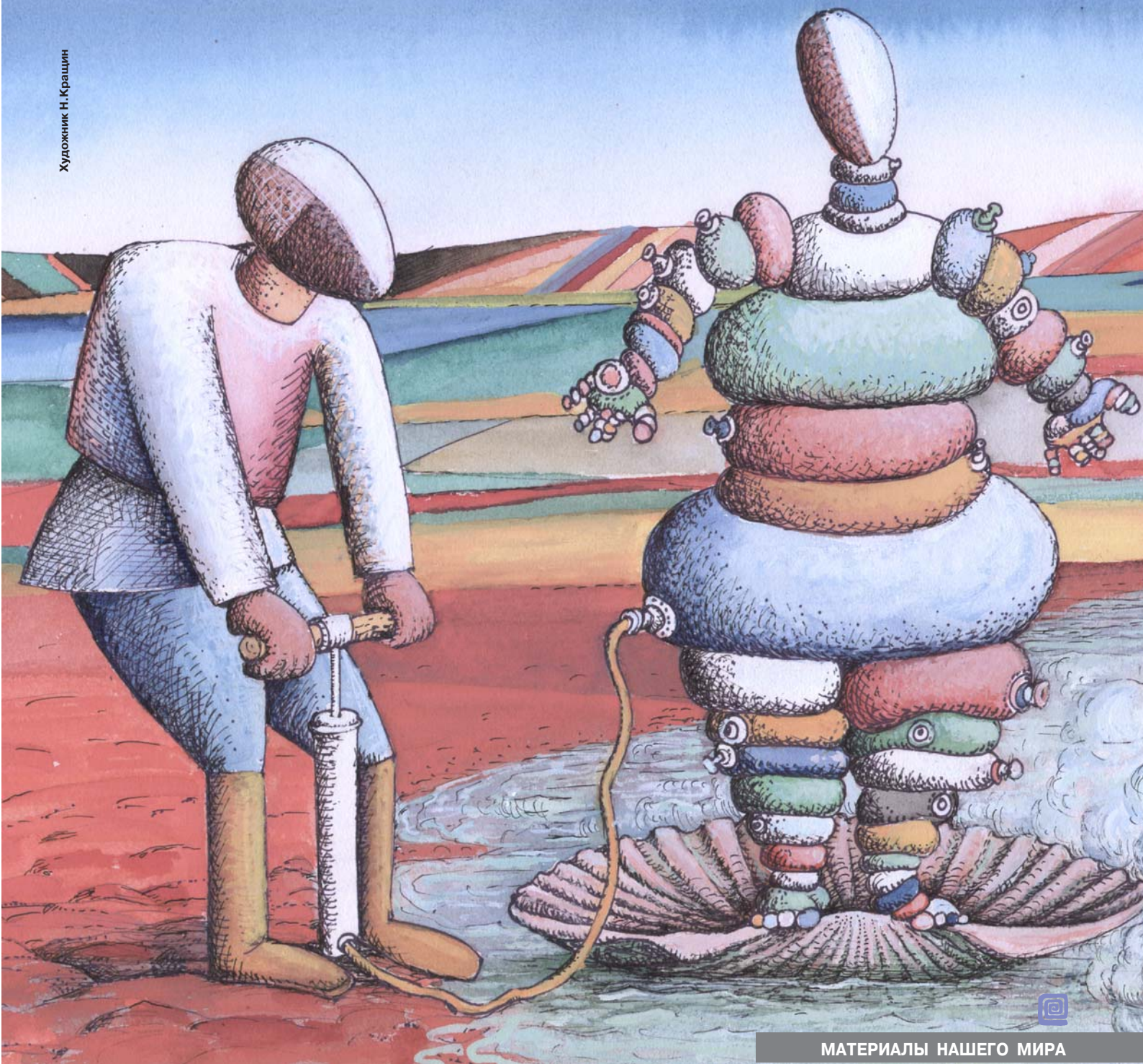
**О.Л.ГОНЧАРЕНКО**, Санкт-Петербург: *Коричневый сахар действительно содержит меньше калорий, чем белый, — 373 калорий в 100 граммах против 396; с другой стороны, кристаллики коричневого сахарного песка мельче, поэтому в чайной ложке его помещается чуть больше, чем белого.*

**А.В.ПАЛАНИНУ**, Москва: *Клей для ткани «болонья» может содержать, например, резорцин, фенол, капрон и этиловый спирт, но что именно содержит клей, купленный в электричке, — вопрос к производителю.*

**И.ЛУКАШЕНОК**: *Спасибо за информацию о компьютерном моделировании движений динозавров; если диплодоки не поднимали голову высоко (кстати, об этом пишет и журнал «Science» от 27 марта 2009 года), значит, они действительно не объедали ветки высоких деревьев, как мы и утверждали в апрельском номере за прошлый год.*

**Е.И.СЕРГЕЕВУ**, Пермь: *Московскую лекцию известного физика Фримена Дайсона мы публикуем, потому что у нас уже был материал о его «ересях» («Химия и жизнь», 2007, □ 1); стенограмму лекции ищите на сайте фонда «Династия», <http://www.dynastyfdn.com/news/457>.*

**С.Л.**, Москва: *Насколько мы в курсе, единственными генномодифицированными домашними любимцами, разрешенными к продаже, остаются флуоресцирующие аквариумные рыбки; о ГМ-собаках нам пока ничего не сообщали.*



## МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

стве грудного протеза мешочек с силиконовым гелем своей собаке. Операция прошла успешно, и уже через год, в 1962 году, была сделана операция пациентке, пожелавшей увеличить объем груди. Первые имплантаты были далеки от совершенства: со временем они лопались, растекавшийся силикон вызывал отеки и деформацию молочной железы. Сейчас силиконовые имплантаты покрыты прочным барьерным слоем, исключающим проникновение наполнителя в ткани. Можно изменить форму не только груди, но и губ, щек, ягодиц. Посмотрите на фотографии участников соревнований по бодибилдингу —

«контурные» выпуклости тел моделей часто не собственные, а имплантаты.

Так что же, все богатство творческой мысли ученых и врачей тратится на прихоти? Нет! Силиконовые имплантаты давно и успешно применяются при лечении больных с деформациями лицевого скелета, такими, как недоразвитие ушной раковины, скуловых костей, скошенного подбородка. Особенно успешны и малотравматичны операции на ногах, например при искривлении голени. Силиконовые суставы, протезы сухожилий, искусственные клапаны сердца, покрытые силиконовой оболочкой, — уже привычный арсенал

пластической хирургии. Ну и конечно, маммопластика — операции на молочной железе после ее частичной или полной ампутации при онкологических заболеваниях или после травмы, стали настоящим спасением для многих женщин.

А знаменитый технологический центр Silicon Valley в Калифорнии — на самом деле Кремниевая, а не Силиконовая долина. По-английски «силикон» пишется silicone, а silicon — это кремний, из которого делаются микропроцессоры.

**М. Демина**



ufi  
Approved  
Event



ТПП РФ



[www.chemistry-expo.ru](http://www.chemistry-expo.ru)

**15-я международная выставка  
химической промышленности и науки**

# Х И М И Я

**28 сентября – 2 октября**      **2009**

**ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»,  
Россия, Москва**

**Организатор:**

**ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»**

**При содействии:**

**ЗАО «Росхимнефть»**

**Официальная поддержка:**

- Российский Союз химиков
- Правительство Москвы

**ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»**

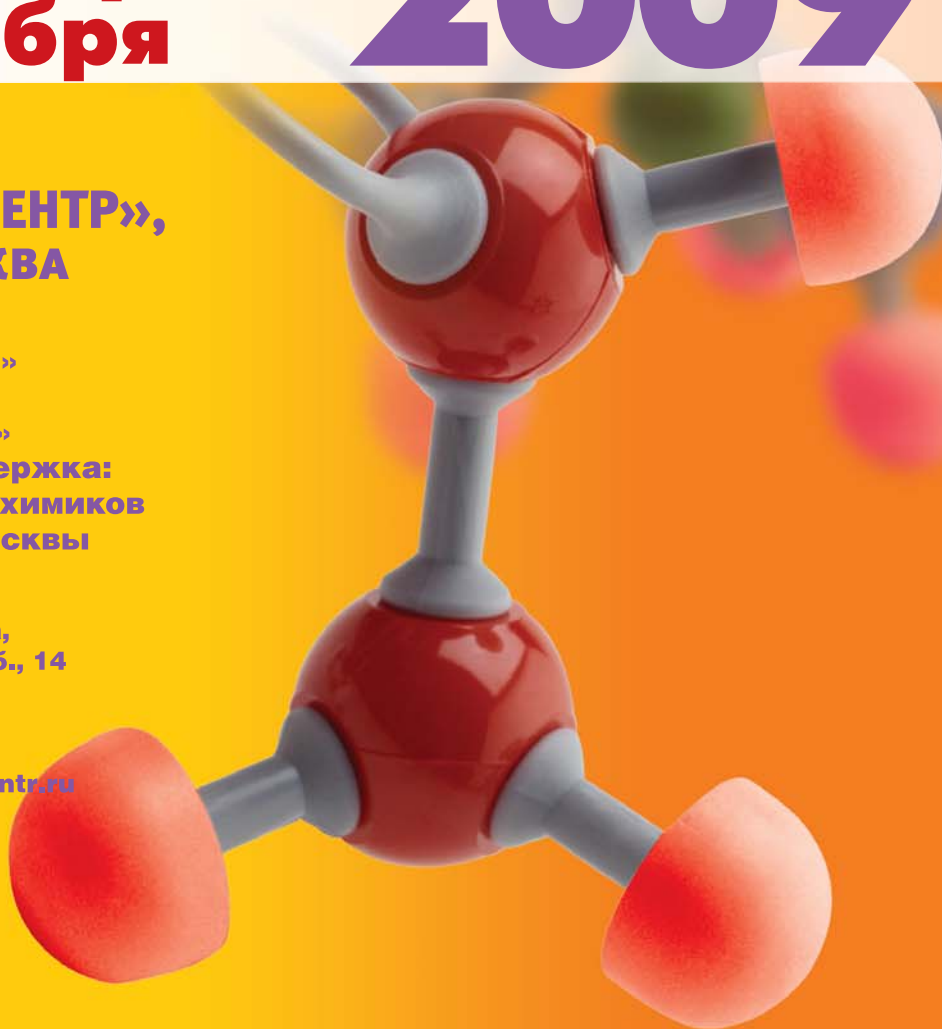
**123100, Россия, Москва,  
Краснопресненская наб., 14**

**Тел.: (499) 795-37-94,  
(499) 795-37-38**

**Факс: (495) 609-41-68**

**E-mail: [chemica@expocentr.ru](mailto:chemica@expocentr.ru)**

**[www.expocentr.ru](http://www.expocentr.ru)**



**Организатор:**



**ЭКСПОЦЕНТР**

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ  
МОСКВА



ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >