

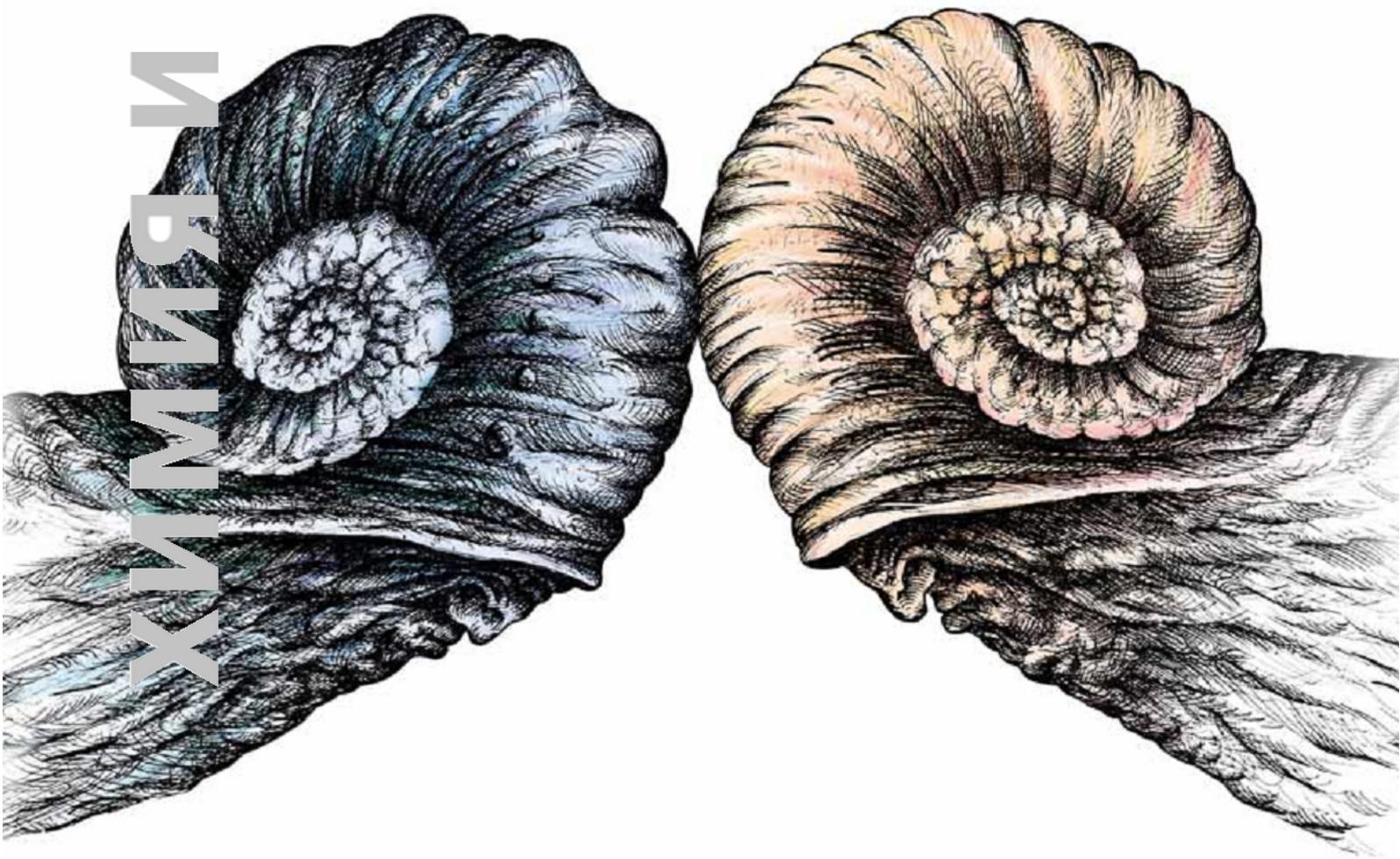


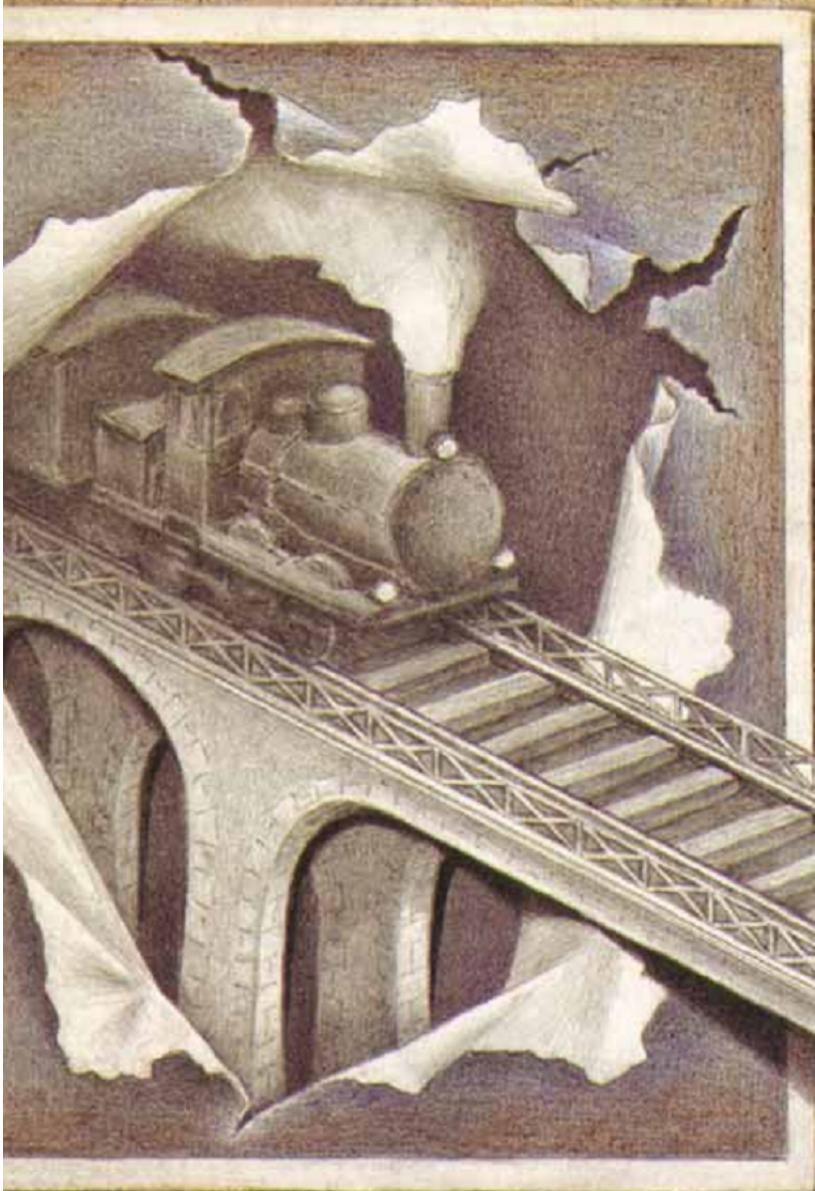
№

10

2011

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ





*Sancho del...*



Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег.№ 014823

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**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 5.10.2011

**Адрес редакции**  
105005 Москва, Лефортовский пер. 8  
**Телефон для справок:**  
8 (499) 267-54-18  
**e-mail:** redaktor@hij.ru  
<http://www.hij.ru>

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Сандро дель Прета. Наше миро-  
восприятие определяется образованием,  
которое мы получили. О том, как и чему  
учат в американских школах, читайте в  
статье В.М.Хуторецкого.

*Поздно стучать кулаком по столу,  
когда тебя положили на тарелку.*

*Станислав Ежи Лец*

# Содержание

<b>Проблемы и методы науки</b>	
ИГРЫ С ДАВЛЕНИЕМ. С.М.Комаров .....	2
МОНСТРЫ СВЕРХПЛОТНОГО МИРА. А.Р.Оганов .....	5
<b>Тематический поиск</b>	
БИТВА ПРОДОЛЖАЕТСЯ. Е.Сутоцкая .....	9
<b>Болезни и лекарства</b>	
ОСТЕОПОРОЗ: ХРУПКОСТЬ УЖЕ НЕ В МОДЕ. Ж.Е.Белая, Ю.И.Белая.....	12
<b>Вещи и вещества</b>	
ПАРАБЕНЫ: СТАВКА НА БЕЗОПАСНОСТЬ. С.А.Орлова, М.В.Додонов .....	16
<b>Книги</b>	
ИСТОРИЯ МУСОРА. Катрин де Сильги .....	19
<b>Нанофантастика</b>	
ОБРАТНАЯ СТОРОНА ЛУНЫ. Алексей Сапига.....	22
<b>Земля и ее обитатели</b>	
НАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ НАСЕКОМЫХ. Н.В.Селезнева.....	24
<b>Проблемы и методы науки</b>	
КРЫСА НЮХАЕТ КОТА. Н.Л.Резник .....	30
<b>Дневник наблюдений</b>	
СОЦИАЛЬНОСТЬ ПРЕНАТАЛЬНОГО ПЕРИОДА. Н.Анина .....	36
<b>Размышления</b>	
ФУНДАМЕНТ МИРА. С.М.Комаров.....	38
<b>Калькулятор</b>	
ОСНОВНАЯ ФОРМУЛА. С.А.Воинов.....	40
<b>Проблемы и методы науки</b>	
ИЗМЕРИМ ВСЕ. Л.Хатуль.....	42
<b>Образование</b>	
УРОКИ АМЕРИКАНСКОЙ ШКОЛЫ. В.М.Хуторецкий .....	47
<b>Что мы едим</b>	
О ПОЛЬЗЕ СПЕЦИЙ. Я.И.Яшин, А.Я.Яшин .....	54
ПЕРЕЦ СЛАДКИЙ, ПЕРЕЦ ЖГУЧИЙ. Н.Ручкина. ....	56
<b>Фантастика</b>	
ЗАПОМНИТЕ МЕНЯ ТАКИМ. Евгения и Илья Халь.....	58
<b>Материалы нашего мира</b>	
ОГНЕННАЯ ЖИВОПИСЬ. М.Демина.....	64

---

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	10	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	23, 35	ПИШУТ, ЧТО...	62
		ПЕРЕПИСКА	64

---



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

# Игры с давлением

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

## Термодинамика

Нашим миром управляют четыре термодинамических параметра. Это температура и энтропия, давление и объем. Рост температуры увеличивает степень беспорядка в системе, способствуя росту энтропии. Если речь о твердом теле, а именно оно — предмет рассмотрения данной статьи, атомы начинают раскачиваться в узлах кристаллической решетки все сильнее, и в конце концов либо порядок в расположении атомов разрушится вовсе — твердое тело расплавится, — либо сохранится, но решетка станет другой, способной выдержать эти колебания. На языке физической химии вещество с такой новой решеткой называют новой фазой. Чтобы различать фазы, им присваивают греческие буквы, и порой греческого алфавита едва хватает. Так, в жаропрочных никелевых сверхсплавах длительная (более 1000 часов) выдержка при высоких

температурах формирует хи- и сигма-фазы. Вскоре после войны, когда такие сплавы только начали применять в реактивных двигателях, эти фазы стали причиной серии авиакатастроф.

Давление действует на своего партнера — объем — наоборот: чем оно больше, тем меньше объем. До поры до времени решетка выдерживает возрастающую нагрузку, упруго деформируется, а потом может либо разрушиться, либо перестроиться, превратившись в более плотную модификацию, — при этом объем скачкообразно уменьшится. Порой для перехода в новую фазу недостаточно действия одного давления или температуры, нужно соединить их усилия и выждать некоторое время.

Когда давление или температуру сбросят до нормы, решетка может вернуться в исходное состояние, а может этого и не сделать. Тогда получится вещество в метастабильном состоянии. Это состояние способно сохраняться бесконечно долго; яркий пример — алмаз, метастабильная фаза углерода, которая образуется из стабильного графита при высоких давлении и температуре. Такая метастабильная фаза, зачастую отсутствующая в природе, может стать основой для нового материала, нужного человеку.

## Повышение твердости

Именно с алмаза, точнее, с попыток получить его искусственно, начинается история использования высокого давления для создания новых материалов.

Алмаз — самый твердый материал на свете. Причина этого в том, что основа его решетки — углеродный тетраэдр — содержит сильные направленные связи и обеспечивает высокую плотность структуры. Чтобы построить тетраэдр, нужно соединить вместе четыре атома, то есть элемент должен обладать четырьмя валентными электронами. Именно так и устроен атом углерода, у которого три р-электрона объединены с одним s-электроном и дают четыре электронных облака в виде вытянутых вдоль осей тетраэдра лепестков — знакомая со школы картина  $sp^3$ -гибридизации. Поскольку углерод — самый первый элемент таблицы Менделеева с четырьмя валентностями, именно его атомы могут заполнить пространство плотнее всего. У ближайшего четырехвалентного соседа — кремния — диаметр атома и соответственно длина связи между ними больше. Поэтому, скорее всего, создать вещество с твердостью существенно большей, чем алмазная, нельзя.

Чем полезно самое твердое вещество на свете — понятно: это инструмент, которым можно обработать любое другое вещество. Во время научно-технической революции середины XX века материаловеды разработали невиданное разнообразие материалов и появилась серьезная потребность в инструментах для их обработки. Для таких инструментов — резцов, сверл, пресс-форм — были созданы твердые сплавы, но чем их обрабатывать, чем затачивать? Для этого нужен еще более твердый инструмент. Так возникла задача создать искусственные алмазы. В 1954 году сотрудники американской компании «Дженерал электрик» сообщили о получении искусственных алмазов при давлении 100 тыс. атмосфер и температуре 2600°C. Выросли они на тонкой пленке карбида тантала, а тот, в свою очередь, возник на границе между графитом и танталом, который служил катализатором превращения. Спустя год компания начала промышленный выпуск порошка искусственных алмазов. В 1961 году первые искусственные алмазы получили и в Институте физики высоких давлений АН СССР, за что его директор Л.Ф.Верещагин был избран академиком, а коллектив наградили Ленинской премией. Спустя два года производство искусственных алмазов наладили в Киеве (см. «Химию и жизнь», 1967, № 11).

Сейчас алмазы выращивают в промышленном количестве, их кристаллы бывают разного размера: от мелких, которые наносят на отрезные или шлифовальные круги, до крупных, пригодных для производства ювелирных изделий. Адепты этого последнего направления особенно упирают на высокую экологическую чистоту таких украшений. В самом деле, установка для изготовления алмазов потребляет не так уж много энергии, нет необходимости перемещать огромные количества

почвы и горных пород, как это бывает при вскрышных работах на свежестроенной кимберлитовой трубке и последующей выемке из нее алмазоносной породы. Ни жестких методов эксплуатации человека, принятых на алмазных коях в слаборазвитых странах, ни связанной с ними криминальной среды — такие драгоценности можно смело дарить тонко чувствующей девушке, озабоченной проблемой сохранения окружающей среды. Есть и еще одна идея, эксцентричная, но перспективная. Вот как объясняет ее суть один из изготовителей искусственных алмазов: «В США люди часто переезжают с места на место. Для них-то и была придумана такая услуга: родственники усопшего собирают углерод во время кремации, привозят его мне, я изготавливаю алмаз и отдаю им. Получается компактная форма хранения дорогого праха».

Алмаз в качестве инструмента всем хорош — за исключением двух обстоятельств. Во-первых, при нагреве до 850°C он горит на воздухе. А во-вторых, им трудно обрабатывать сталь. Дело в том, что железо, основной компонент стали, — карбидобразующий элемент. Оно буквально выдирает из алмаза отдельные атомы, превращаясь в карбид железа. Острые грани инструмента быстро разрушаются и приходят в негодность.

Неудивительно, что после алмазного успеха были предприняты попытки создать при помощи давления твердое вещество, лишенное этих недостатков. Исследователи обратились к соединениям бора: сам по себе этот элемент очень твердый, уступает среди чистых веществ только алмазу. Среди его соединений оказался белый графит — нитрид бора с решеткой, подобной решетке графита. С ним поступили примерно так же, как с черным графитом, и в 1957 году в той же компании «Дженерал электрик» достигли успеха: похожий на алмаз нитрид бора с кубической решеткой синтезировали при давлении 60—70 тыс. атмосфер и нагреве до 1500°C. Он был настолько тверд, что царапал некоторые грани кристаллов алмаза. Вскоре американцы стали продавать этот продукт физики высоких давлений под маркой «боразон». В СССР кубический нитрид бора под руководством Л.Ф.Верещагина получили также после успешного синтеза алмазов, и в 1964 году на ленинградском заводе «Ильич» начали производство этого вещества под названием «эльбор» и инструмента из него (см. «Химию и жизнь», 1981, № 7). Будучи в два раза менее твердым, чем алмаз, кубический нитрид бора лишен его недостатков — не взаимодействует с железом и не горит вплоть до 2000°C.

## К тайнам природы

Мощные прессы, созданные в рамках алмазной программы, позволили решать не только прикладные, но и теоретические задачи. Так, С.М.Стишову, тогда аспиранту ИФВД, а ныне его директору и академику, удалось доказать, что при высоком давлении кремнезем переходит в сверхплотную фазу и, стало быть, в подобные состояния будут переходить и другие минералы в условиях мантии Земли. Полученное им в 1962 году при давлении в 100 тыс. атмосфер вещество советские ученые назвали «стиповерит», по фамилиям основных исследователей — С.М.Стишова, С.В.Поповой и научного руководителя академika Л.Ф.Верещагина, а американцы, вскоре после выхода статьи Стишова идентифицировавшие этот минерал в породах аризонского ударного кратера, — «стишовит» (драматическую историю этого открытия см. в «Химии и жизни», 1991, № 4, 5). Был получен и лед высокого давления с плотностью больше, чем у жидкой воды, — это открытие подсказало Курту Воннегуту сюжет романа «Колыбель для кошки», в котором вся вода на Земле спонтанно переходит в твердое состояние, превращаясь в лед с особой кристаллической решеткой, и все живое погибает. К счастью, такой лед оказался нестабильным при нормальном давлении.

Большие надежды физиков в 60-е годы XX века были связаны с обретением металлического водорода. Согласно расчетам, такое, состоящее из атомов (а не молекул!) водорода вещество должно быть не только стабильным при нормальных условиях, но еще и обладать высокотемпературной сверхпроводимостью. Поначалу полагали, что эта форма водорода ждет за порогом в 2

млн. атмосфер. Однако вот уж рекорд в 3,75 млн. атмосфер пройден, найдены три фазы твердого молекулярного водорода, обладающего металлической проводимостью, а искомым атомарной фазы все нет. Сейчас считается, что граница лежит в районе 4 млн. атмосфер, но подобраться к ней очень трудно: не выдерживают алмазные наковальни, в которых проводят эксперименты по сверхвысокому давлению. А другого, более твердого материала для их изготовления нет (см. «Химию и жизнь», 2003, № 1).

Исчурание возможностей прессов заставило обратиться к ударным нагрузкам, когда высокое давление возникает либо за счет взрыва, либо в результате удара жидкости, летящей со сверхзвуковой скоростью. Этими методами изучили поведение многих веществ при высоких давлениях.

Как бы то ни было, ни к каким новым сенсациям подобные исследования не привели: сделать материал тверже алмаза так и не удалось, горячей сверхпроводимости не достигли, металлический водород не получили, а вызываемые высокими давлениями изменения других свойств, например превращение полупроводника под давлением в проводник, имело скорее теоретическое, чем практическое значение. Возникло ощущение, что исходный запас идей исчерпан, и с середины 70-х до 90-х годов в этой области науки наблюдался некоторый застой: основные силы были брошены на улучшение полученных результатов и отработку технологии изготовления сверхтвердых материалов.

Возможно, это связано с тем, что, действуя давлением и температурой, можно создавать огромное количество структур, но непонятно, чего и где следует искать на плоскости,

определяемой этими двумя параметрами. Например, Стишов писал, что открытие сверхплотного кремнезема произошло до некоторой степени случайно: на установку для охлаждения надели водяные манжеты, и реальная температура получилась ниже расчетной. В результате образец оказался в области существования именно этой фазы, а предыдущие опыты лишь краем затрагивали ее, так что искомого вещества получалось мало. Слепой поиск — дело неблагодарное и затратное, для успеха нужно точно знать, что именно ищешь и зачем.

Когда же появились мощные компьютеры, ситуация начала меняться. Возникла надежда, что эксперимент можно будет проводить на суперкомпьютере, рассчитывая, где какие фазы следует ожидать и каковы будут их свойства. Такие расчеты порой показывают известное вещество с неожиданной стороны, но существовавшие теоретические методы не позволяли надежно решать эту задачу. Дело в том, что для заданной химической формулы существует астрономически большое число различных фаз — и найти наиболее устойчивую из них поиском «в лоб» практически невозможно. Бытовало мнение, что эта задача в принципе нерешаема, но поиск эффективного алгоритма решения не прекращался, и в 2006 году был опубликован метод, который сейчас используется наиболее широко, под названием «USPEX» (от Universal Structure Predictor: Evolutionary Xtallography, то есть универсальный предсказатель структур: эволюционная кристаллография). Метод и программа были созданы лабораторией профессора А.Р.Оганова, который работает в Университете штата Нью-Йорк (Стони Брук).

## О разбиении пространства

Кристаллические решетки — это способ разбить пространство на множество одинаковых элементов. Одинаковы они в том смысле, что при смещении на параметр решетки в этом элементе оказывается ровно такое же число объектов и расположены они точно так же. Как правило, в роли объектов выступают атомы кристаллического вещества, но это не обязательно — упорядочивать в пространстве можно любые объекты.

Идею о том, что кристалл состоит из закономерных расположенных в пространстве точек, первым предложил в 1848 году французский кристаллограф Огюст Браве. Он же выяснил, что существует лишь четыре типа решеток, в которых можно различить семь сингоний («сходноугольность» в примерном переводе с греческого; см. рис. 1). Однако различных способов разбиения пространства с закономерными расположенными объектами меньше, чем  $4 \times 7$ , а именно 14. «Недостающие» решетки получаются просто при взгляде в другом ракурсе на имеющиеся. Решетки Браве играют важнейшую роль в физике твердого тела, поскольку именно от типа периодичности в расположении атомов зависят основные свойства вещества, эта же периодичность облегчает расчет свойств.

Позднее в работах Е.С.Федорова, которые он начал в 1885 году в возрасте 16 лет, было доказано, что в трехмерном пространстве существует всего 230 пространственных групп симметрии, то есть совокупностей всех возможных элементов симметрии кристаллической структуры. Такими элементами служат повороты, сдвиги,

отражения и другие преобразования, при которых структура совмещается сама с собой.

Решетки Браве и группы Федорова служат основой номенклатуры кристаллических структур: наименование каждой из них состоит из названия типа решетки Браве и обозначения порождающих эту структуру элементов симметрии.

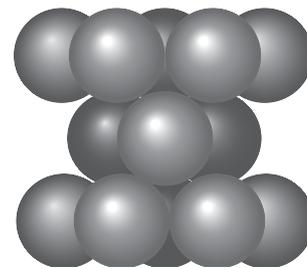
Есть и альтернативный способ описания структуры, когда пространство разбивают не на трехмерные блоки, а на плоские слои. Для этого в решетке надо выделить плоско-

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							

1

**Решетки Браве. По вертикали обозначены типы решеток: 1 — примитивный, 2 — базоцентрированный, 3 — объемноцентрированный, 4 — гранецентрированный.**

**По горизонтали — сингонии: 1 — триклинная (все ребра и углы разные, и среди них ни одного прямого), 2 — моноклинная (все ребра разные, но два угла из трех — прямые), 3 — ромбическая (все ребра разные, а все углы — прямые), 4 — тетрагональная (два ребра одинаковые, все углы прямые), 5 — тригональная или ромбоэдрическая (все ребра равны, два угла равны, но оба — не прямые), 6 — гексагональная (два ребра одинаковые и образуют между собой угол  $120^\circ$ , два остальных угла прямые), 7 — кубическая (все ребра равны, все углы прямые)**



2

**Так выглядит плотная упаковка для ГЦК-решетки**

сти плотнейшей укладки и посмотреть, как они расположены друг относительно друга. В результате такого подхода оказывается, например, что кубическая гранецентрированная (ГЦК) и гексагональная решетки — почти одно и то же: отличие первой в том, что каждый второй плотный слой (а он расположен по пространственной диагонали куба) сдвинут относительно соседей так, чтобы его атомы лежали в лунках, образованных предыдущим. Внешне непохожие структуры получаются различным чередованием плотных слоев, когда атомы поочередно занимают лунки разного типа (рис. 2).

Слои заполняют пространство неплотно, некоторые лунки остаются свободными — это будут так называемые поры. Именно в них при образовании решетки из атомов разного типа размещаются маленькие элементы внедрения. Если речь идет о соединении на основе металла, такими элементами могут быть неметаллы — кислород, углерод и т. д. Изучение последовательности чередования плотных слоев, пор и расположенных в них атомов — важная часть определения кристаллической структуры соединения.

# Монстры сверхплотного мира



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Профессор  
**А.Р.Оганов**

## Алгоритм

Совсем недавно физики могли только мечтать о том, чтобы заложить в компьютер химический состав какого-нибудь соединения и получить распечатку с наиболее энергетически выгодным расположением атомов в его кристаллической решетке, а также со значениями свойств этого вещества, такими, как твердость, модуль упругости или ширина запрещенной зоны. В 1988 году Джон Мэддокс, тогда главный редактор журнала «Nature», сказал: «Один из продолжающихся скандалов физики состоит в том, что невозможно предсказать структуру даже простейшего кристалла, если исходить только из его химического состава... Что касается таких кристаллических веществ, как лед, (то) это до сих пор считается за пределами для смертных». Даже возросшая за прошедшую четверть века мощность вычислительной техники не приблизила нас существенно к решению этой задачи: одной мощности оказалось недостаточно, потребовались принципиально новые теоретические подходы. Например, предсказание структуры средней сложности на лучших сегодняшних суперкомпьютерах методом перебора займет порядка  $10^{20}$  лет. Очевидно, что без концептуального рывка эта задача нерешаема.

Мы начали работу над своим методом в 2004 году. Тогда наша группа и коллеги из Токийского технологического института независимо друг от друга обнаружили, что соединение  $MgSiO_3$  под высоким давлением принимает неизвестную до того структуру, которая определяет необычные свойства нижнего слоя мантии Земли и это существенно изменило модель земных недр. Наша работа как раз и показала, насколько точными и полезными для целенаправленного проведения экспериментов могут быть теоретические расчеты.

Подобные расчеты делают, сравнивая значения энергии различных структур при заданных давлении и температуре. Та структура, что имеет меньшую энергию, и будет при этих условиях стабильной. Такие расчеты, основанные на квантовой механике позволяют рассчитать свойства материалов, термодинамику и кинетику фазовых превращений. В природе мириады атомов, совершая колебания, методом проб и ошибок находят состояние с минимумом энергии. У исследователя нет возможности провести расчет в разумном диапазоне времен — современные компьютеры дают возможность следить за динамикой достаточно большого массива атомов лишь на протяжении  $10^{-10}$  с. Нет и возможности перебрать все варианты расположения атомов. Поэтому возникает задача разработать алгоритм поиска энергетически выгодных структур, который позволит значительно сократить объем расчетов. Мы придумали алгоритм, основанный на идеях эволюции.

Представим себе, что имеется горная страна, испещренная долинами, ущельями и хребтами. Есть исследователи, которые хотят найти самую низколежащую долину, а топографической карты у них нет. Выбрасываясь десантом в разных точках страны, каждый из них спускается в ближайшую долину (локальный минимум энергии). После того как все исследователи достигли своих минимумов, можно сравнить, кто находится ниже. Точки неглубоких минимумов исключают из рассмотрения. А те об-

ласти, в которых были достигнуты самые глубокие минимумы, исследуют более подробно путем скрещивания (нового исследователя сбрасывают между двумя глубокими минимумами) или мутации (исследователь «выпрыгивает» из своей долины в соседнюю). Фокусируя внимание на все более энергетически выгодных областях пространства поиска, расчет довольно быстро находит самый глубокий из всех возможных минимумов энергии. Он-то и будет отвечать термодинамически наиболее выгодной фазе. Другие глубокие долины могут соответствовать каким-то метастабильным структурам.

Поначалу мы столкнулись с огромными трудностями в создании такого алгоритма, однако после года упорной работы к 2005 году нам удалось придумать метод, надежность и быстродействие которого удивили не только нас, но и практически всех наших коллег. Чтобы убедиться в том, что наш метод работает, ко мне в лабораторию приезжали люди из самых разных стран от Китая до Канады. Эти первые успехи были достигнуты вместе с моим аспирантом Колином Глассом. Начиная с 2006 года программу опробовал мой постдок Ма Янмин (сейчас он профессор в Цилиньском университете, КНР), совместно с которым мы предсказали много новых фаз элементов и неорганических соединений. В 2007 году к нам присоединился А.Ляхов, который стал главным программистом проекта, в 2009 году — Чжу Цянь, талантливый аспирант из Китая. Сейчас, к 2011 году, опубликовано уже более полусотни работ с предсказаниями строения новых фаз элементов и разнообразных соединений с использованием этого алгоритма. Программой пользуются более 600 ученых по всему миру, а на Первых соревнованиях по слепому поиску структур неорганических соединений программа значительно опередила всех конкурентов как по скорости, так и по надежности вычислений.

Для расчета нужен минимальный набор параметров: число атомов каждого сорта, давление, температура и число структур, рассматриваемых на каждом шаге эволюционного процесса. Если известны параметры элементарной ячейки (а их определять по рентгенограммам легко, в отличие от расположения атомов в элементарной ячейке), то расчет облегчается. Когда машинного времени достаточно много, программа сама может найти не только структуру, но и состав всех стабильных соединений (при том что исходно заданы только типы входящих в него атомов), способна рассчитать структуру низкоразмерных объектов — наночастиц, поверхностей, а также определить расположение молекул в структуре молекулярного кристалла.

Этот метод особенно полезен в двух областях исследования: в поиске новых материалов с заданными свойствами и в физике/химии высоких давлений. Расскажем о трех ярких примерах успеха такого расчета.

## Ионный бор

Наверное, ни один элемент не доставил своим исследователям столько головной боли, как бор. Вот краткая история поиска структуры этого вещества.

Бура, натриевая соль борной кислоты, —  $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$  — известное с древности вещество. Его название, давнее имя и самому элементу, с арабского переводится как «белый». Именно из буры в 1702 году Вильгельм Хомберг получил белый

порошок «успокоительной соли», известной сегодня как метаборная кислота,  $\text{HBO}_3$ . Спустя век, в 1808 году, она и послужила исходным веществом, из которого практически одновременно получили бор Жозеф Луи Гей-Люссак совместно с Луи Жаком Тенаром (21 июня) с одной стороны Ла-Манша и Хемфри Деви (30 июня) — с другой. Французы восстанавливали бор из кислоты с помощью калия, а англичанин — электролизом. Это соревнование закончилось, по сути, ничью: как теперь становится ясно, обе группы получили вещество, в котором чистого бора было от силы половина и свойства которого не соответствовали элементарному бору. Так, вещество Деви было проводником, а чистый бор — полупроводник. Среди тех, кто сумел это доказать, был еще один великий химик, француз Анри Муассан. В 1895 году он восстановил бор из его оксида  $\text{B}_2\text{O}_3$  с помощью магния. Но и это вещество оказалось еще далеко не чистым. Есть мнение, что в 1909 году американский химик Езекиель Вейнтрауб синтезировал бор чистотой 99%, однако это тоже не очевидно. Судя по всему, чистые аллотропные модификации бора были получены не ранее 1957 года.

Разговор же об аллотропах бора возник спустя полвека после первых попыток получить хоть что-то содержащее чистый бор. Так, в 1857 году Фридрих Вёлер и Анри Сен-Клер Девилль нагрели оксид бора с алюминием и получили три формы бора, различающиеся блеском и твердостью. По аналогии с углеродом их назвали алмазо-, графито- и углеродобным бором. Последний имел те же свойства, что и вещество, сделанное Гей-Люссаком и Тенаром. И ни один из этих «боров» не был чистым бором. Впоследствии еще множество исследователей стали жертвами коварства бора. А связано оно с его необычной химией и сложными кристаллическими структурами.

У атома бора всего три валентных электрона, как и у алюминия. Этого недостаточно для образования четырех ковалентных связей и заполненной электронной конфигурации атома. Поэтому, как алюминий и другие элементы I—III групп, бор «хочет» быть металлом и коллективизировать такие электроны, но это оказывается невыгодным — они слишком сильно связаны с ядром атома. В результате бор выбирает компромиссное решение — аллотропы с полупроводниковыми свойствами и очень сложными кристаллическими структурами. Поскольку они образуются из-за недостатка валентных электронов, бор крайне чувствителен к примесям, которые могут добавить или отнять электроны. Поэтому трехвалентный бор способен образовывать соединения с самыми экзотическими формулами, нарушая все правила валентности:  $\text{YB}_{66}$ ,  $\text{B}_6\text{O}$ ,  $\text{NaB}_{15}$ ,  $\text{V}_{15}\text{P}_2$ ,  $\text{V}_{13}\text{C}_2$ ,  $\text{AlC}_4\text{B}_{40}$ ,  $\text{B}_{50}\text{N}_2$  — вот далеко не полный список. Борид иттрия можно считать одним из чемпионов по сложности структуры: в элементарной ячейке его кристаллической решетке находится 1588 атомов! Неудивительно, что бор до сих пор остается загадочным элементом. В самом деле, как знать, с чем связана структура вещества, оказавшегося в руках исследователя, — со свойствами чистого бора или какого-то экзотического соединения, где на сотню атомов бора приходится один-два атома другого элемента?

Как бы то ни было, сейчас известно шестнадцать кристаллических аллотропов бора, причем большинство из них скорее всего содержат примеси, а структуры установлены только для четырех. Основные открытия этих аллотропов были совершены в два этапа: в 1957—1965 годах (когда шел поиск сверхтвердых материалов) и в XXI веке. Первой оказалась фаза T-50 с тетрагональной кристаллической решеткой (см. рис. 1 на с. 4), в элементарной ячейке которой находится 50 атомов. Впервые эту фазу получили в Корнелловском университете и в компании «Дженерал электрик» в 1943 году, а структуру расшифровали в 1951-м. Увы, дальнейшие исследования показали, что это карбид или нитрид бора с формулами  $\text{B}_{50}\text{C}_2$  и  $\text{B}_{50}\text{N}_2$ . В 1957 году наконец нашли первую фазу действительно чистого бора. Это оказалась ромбоэдрическая бета-фаза (см. рис. 1 на с. 4). В ее элементарной ячейке содержится 106 атомов — это стало ясно лишь в 1963 году, после чего ее стали называть бета- $\text{B}_{106}$ .

В 1958 году была открыта альфа-фаза с ромбоэдрической же ячейкой из 12 атомов (альфа- $\text{B}_{12}$ ), а в 1960-м — фаза T-192, крайне сложную структуру которой определили лишь в 1979-м. Все эти решетки представляют собой более или менее плотное кружево из борных икосаэдров — двадцатигранников с треугольными гранями.

Уже в 1971 году чистоту фаз T-50 и бета- $\text{B}_{106}$  поставили под сомнения: опыты с получением бора методом химического осаждения из пара на танталовую проволоку (при этом вещество хорошо защищено от попадания примесей), дали лишь альфа-фазу и T-192. Бета- $\text{B}_{106}$  получался изредка, а T-50 — никогда.

В середине шестидесятых годов компания «Дженерал электрик» после успехов в синтезе алмазов и кубического нитрида бора начала исследовать поведение бора при высоком давлении. Так, в 1964 году один из создателей боразона Роберт Уэнторф обнаружил, что при давлении более 10 ГПа (примерно 100 тыс. атмосфер. — *Примеч. ред.*) и температуре 1800—2300 К аморфный бор и бета-фаза превращаются в новую модификацию. Несмотря на то что Уэнторфу удалось получить дифракционную картинку, измерить плотность и электропроводность — а это был предел мечтаний для исследователей высокого давления того времени, — научное сообщество не восприняло всерьез его результаты, хотя они и были опубликованы в «Science». За 43 года статью процитировали лишь шесть раз, да и то в работах, имеющих к исследованию бора косвенное отношение. Более того, полученные Уэнторфом картинки рентгеновской дифракции — а это основа для идентификации фазы — были удалены из соответствующих баз данных. Возможная причина такого недоверия: Уэнторфу не удалось показать, что он имел дело с чистым бором (его работа не содержала химического анализа исходных веществ и продуктов превращения), не удалось и расшифровать кристаллическую структуру или хотя бы определить форму элементарной ячейки. Как показали дальнейшие события, недоверие было напрасным.

Вторая волна интереса к бору началась в 2001 году, когда обнаружилась сверхпроводимость у столь обычного вещества, стоящего на полке чуть ли не в каждой химической лаборатории, как диборид магния. С самого начала было ясно, что она связана с графитоподобной укладкой атомов бора в этом соединении, и вскоре бор стали сдавливать в надежде обрести сверхпроводящую фазу этого элемента. Действительно, в 2001 году было обнаружено, что бета-фаза при давлении 160 ГПа переходит в металлическое состояние, а при 250 ГПа температура перехода в сверхпроводящее состояние достигает 11,2 К. Так, ставки на высокотемпературную сверхпроводимость плотного бора не оправдались, но теоретический вопрос остался: а что за фаза обеспечила металлические свойства?

Как оказалось, если давить бета-бор без нагрева, то при давлении более 100 ГПа он переходит в аморфное состояние. Это означает, что бета-фаза становится нестабильной, но перейти в другую кристаллическую фазу ей не позволяет кинетика, то есть недостаточна энергия колебаний атомов, чтобы преодолеть барьер, разделяющий две фазы. Нагрев образца лазером непосредственно в процессе сжатия привел к превращению бета-фазы в T-192 уже при 10 ГПа. Так попутно выяснилось, что отнюдь не примеси отвечают за образование бета- $\text{B}_{106}$ : это одна из решеток чистого бора, а T-192 заняла на диаграмме состояния бора свое место фазы высокого давления и температуры.

Тем временем продолжались дебаты о том, какая фаза, альфа или бета, устойчива при нормальных условиях? В 2007—2009 годах три группы независимо и разными методами рассчитали энергии этих структур исходя из первых принципов, и оказалось, что именно бета- $\text{B}_{106}$  — наиболее устойчивая, а более простая альфа- $\text{B}_{12}$  имеет повышенную энергию.

В 2004 году вторая волна исследований бора привела к еще одному интересному результату: Чен Цзюхуа из Университета Стони Брук и В.Л.Соложенко, работающий в университете

Пари-Нор, независимо друг от друга обнаружили новую фазу бора при давлении 10—12 ГПа и температурах выше 1500 К. Однако установить структуру этой фазы им не удалось.

Тогда-то на сцену и вышли математические методы: Чен в 2006 году обратился ко мне с предложением о сотрудничестве. Всего за один день нам удалось решить задачу и получить правильную структуру: расчетные дифракционные картинки вполне удовлетворительно совпали с экспериментальными. Для чистоты исследования я решил не брать экспериментальные картинки; сопоставление провели после окончания расчета структуры, и оно оказалось крайне убедительным. Хотя результат мы получили быстро, опубликовать его удалось лишь через два года — уж очень необычной была структура этой фазы.

Это псевдокубическая структура, составленная из двух типов борных кластеров — икосаэдров и пар из атомов бора, которые лежат в порах между икосаэдрами. Благодаря этому упаковка атомов бора в такой структуре стала гораздо плотнее, чем у любых других фаз этого элемента. Более того, по сути, это частично ионное соединение, хотя и составлено из атомов одного и того же типа: кластеры обменивались между собой зарядами; в среднем каждая пара отдавала икосаэдру по половине электрона. Результат: локализация электронов, отсутствие проводимости и сильное поглощение в инфракрасной области. А при деформации первыми рвутся как раз связи между наиболее заряженными атомами. Эту фазу с 28 атомами в элементарной ячейке мы назвали гамма- $B_{28}$ . Поскольку она прекрасно сохраняется и после снятия давления, удалось измерить твердость, которая оказалась наивысшей из всех фаз бора — 50 ГПа. Что касается открытия Уэндорфа, то, как показало сравнение дифракционных картин, он держал в руках, вероятнее всего, именно эту, плотную фазу бора (возможно, с примесями других фаз).

Открытие гамма-фазы отнюдь не завершает исследований бора при высоких давлениях, но несколько усложняет их. Дело в том, что совсем недавно предполагалось существование при давлении выше 74 ГПа совершенно новой фазы этого элемента, в структуре которой отсутствуют привычные икосаэдры. Она должна обладать и металлической проводимостью, и переходить в сверхпроводящее состояние. Однако теперь стало ясно, что ее получению может помешать гамма-фаза, которая, согласно расчетам, останется устойчивой примерно до 90 ГПа.

## Прозрачный натрий

Современная техника для экспериментов в области высоких давлений позволяет так сдавливать образцы, что внутренние орбитали электронов начинают перекрываться. Это может до неузнаваемости изменить свойства вещества, причем совсем не так, как следует ожидать, исходя из общих соображений. Например, считается, что по мере увеличения давления изолятор становится проводником. Типичный пример — появление металлической проводимости у водорода. А может ли металл при высоком давлении, наоборот, стать изолятором? Положительный ответ следует из расчета свойств сверхплотных фаз таких типичных металлов, как литий или натрий. Именно натрий стал объектом новой серии наших расчетов и последовавших за ними экспериментов, и именно с ним в наиболее полной мере проявились неожиданные новые эффекты.

Этот металл при нормальных условиях обладает объемноцентрированной кубической решеткой (см. рис. 1 на с. 4). Под давлением 65 ГПа она превращается в более плотную гранецентрированную. Свежие эксперименты, проведенные в 2002—2008 годы, показали, что дальнейшее повышение давления вплоть до 160 ГПа дает быструю смену нескольких фаз, причем структуру некоторых из них установить пока не удалось. Наш расчет показал: выше 200 ГПа должна существовать новая фаза натрия и она — неметалл. Более того, она должна быть прозрачной! Предсказание было настолько необычным, что пришлось убеждать экспериментаторов проверить его.



Сдавливая натрий в алмазных наковальнях, Михаил Еремец из Института Макса Планка в Майнце проследил всю известную последовательность структур в интервале от 100 до 160 ГПа. А при 200 ГПа, когда объем образца уменьшился в пять раз по сравнению с исходным, натрий действительно стал прозрачным, и это было заметно невооруженным глазом. Что может означать подобное изменение свойств?

Согласно зонной теории металлов, уровни электронов, имеющиеся в изолированных атомах, при объединении последних в кристалл расширяются и превращаются в зоны. То есть электрон одного атома может, приобретя небольшое количество энергии, занять уровень электрона другого атома, если тот свободен. А между зонами в изоляторе существует большое расстояние. Чтобы его преодолеть, электрону нужно получить энергию, превышающую некоторое значение, равное ширине запрещенной (для нахождения электронов) зоны. В металле энергия кванта видимого света полностью поглощается кристаллом и расходуется на переход электрона из валентной зоны в зону проводимости. Поэтому металл непрозрачен. А в изоляторе зона проводимости отделена от последней заполненной зоны. Если энергии кванта света недостаточно, чтобы электрон перепрыгнул через запрещенную зону, то свет поглощен не будет — вещество окажется прозрачным. Для обеспечения прозрачности ширина запрещенной зоны должна превышать 1,8 эВ, а для бесцветности — 3,1 эВ. В очень тонком образце ширина зоны для перехода к прозрачности может быть и несколько меньше.

То, что натрий стал прозрачным при 200 ГПа, означает: атомы перестроились в какую-то необычную неметаллическую структуру, где ширина запрещенной зоны оказалась неожиданно большой. Какова эта структура?

Расчет показал, что при давлении от 320 до 1000 ГПа наименьшей энергией обладает двойная гексагональная плотно упакованная (ГПУ) структура. Обычная ГПУ-структура состоит из плотных слоев, которые стыкуются так, что прямо над ямками одного слоя находятся атомы следующего слоя, и в результате получается самая плотная упаковка твердых шаров (см. рис. 2 на с. 4). Для этого в двойной ГПУ-структуре соотношение высоты элементарной ячейки к ее длине должно быть 3,266. А в структуре прозрачного плотного натрия это соотношение при 320 ГПа оказалось в два раза меньше — 1,391. Атомы перестали быть твердыми шарами и вошли друг в друга почти наполовину! Так, кратчайшее расстояние между натриями в этой решетке оказалось всего 1,89 А при 300 ГПа, в то время как радиус внешней 3s-орбитали у него 1,71 А, а ионный радиус — 1,02 ангстрема. В общем, такое перекрытие внутренних орбиталей разных атомов натрия привело к заселению р- и d-орбиталей и возникновению необычного состояния s-p-d-гибридизации. Расчет показал, что у натрия полностью исчезли свободные электроны, обеспечивающие металлическую связь, и все они оказались локализованы в пустотах решетки. Фактически получилась решетка ионного соединения, состоящая из положительно заряженных ионов натрия и отрицательно заряженных скоплений электронов. Величина запрещенной зоны у нее оказалась немалой — 1,5 эВ при 200 ГПа, а при 600 ГПа — и вовсе 6,5 эВ. Следовательно, типичный металл может стать очень сильным изолятором, если, конечно, удастся достичь такого высокого давления.



## Сияющий углерод

Создание технологии синтеза искусственных алмазов отнюдь не остановило исследования углерода при высоких давлениях. В частности, возник вопрос: а что получится, если сдавливать графит при низких температурах и без катализаторов? В ходе этих опытов в 1963 году было обнаружено, что при комнатной температуре при давлении выше 14 ГПа графит испытывает некое структурное фазовое превращение, что сказывается и на электропроводности, и на коэффициенте преломления, и на дифракции рентгеновских лучей, и на других структурно-чувствительных свойствах. Эта фаза оказалась прозрачной и очень твердой: при попытках ее дальнейшего сжатия алмазная наковальня разрушалась. Однако за сорок с лишним лет кристаллическую структуру так и не удалось установить. Поначалу исследователи предполагали, что это какая-то гексагональная фаза, представляющая собой нечто среднее между структурами графита и алмаза. Но предложенные на основе такой идеи структуры не удалось подтвердить экспериментальными данными.

В 2006 году, тестируя наш метод предсказания структур, я с удивлением обнаружил новую, крайне любопытную структуру углерода, которая лишь ненамного уступала алмазу в устойчивости. В 2009 году мы показали, что эта структура полностью описывает экспериментальные данные по «сверхтвердому графиту» и довольно легко получается из графита путем образования дополнительных ковалентных связей между его слоями. Фаза получила название «М-углерод», поскольку ее решетка с точки зрения кристаллографии описывается моноклинной ячейкой (см. рис 1. на с. 4). Расчетная же твердость оказалась сопоставима с алмазом и гораздо выше, чем у кубического нитрида бора (83 ГПа против 90 и 47 ГПа соответственно). Причина такой высокой твердости — в особенностях кристаллического строения. В процессе смятия графитовых плоскостей и их сближения увеличивается число связей, образованных электронами, которые претерпели  $sp^3$ -гибридизацию. А чем больше таких связей, тем тверже будет материал. Тот факт, что без нагрева графит переходит в М-углерод, а не напрямую в алмаз, неудивителен, если вспомнить о структурном родстве графита и М-углерода. Расчет же показал, что М-углерод должен быть прозрачным, бесцветным изолятором: его ширина запрещенной зоны превышает 5 эВ. Измерения электропроводности экспериментальных образцов М-углерода, впрочем, свидетельствуют, что помимо этой фазы в них есть и остатки графита.

А возможно ли в принципе создание фаз, более плотных и более сверкающих, чем алмаз? Напомним, что среди рекордов, принадлежащих алмазу, — наибольшее среди всех известных веществ число атомов в единице объема. Да, расчет свидетельствует: такие углеродные фазы могут существовать. Чтобы в этом убедиться, мы провели поиск наиболее плотных фаз углерода. Расчет дал все кристаллические фазы — алмаз, гексагональный алмаз (лонсдейлит), М-углерод. Однако наиболее плотными, согласно расчету, оказались три неизвестные до сих пор фазы. Чем они замечательны? Во-первых, своей плотностью — у двух она на 3,2% больше, чем у алмаза, а у третьей — на 1,1%. Во-вторых, твердостью, которая ниже

расчетной алмазной менее чем на 10%. Все эти фазы — прозрачные диэлектрики, а в одной из них ширина запрещенной зоны достигает 7,3 эВ — максимальное значение среди всех модификаций кристаллического углерода. Другая фаза отличается большим показателем преломления: в области видимого спектра он меняется от 2,65 до почти 2,8, тогда как у алмаза находится в районе 2,25. Это означает, что кристаллы такой фазы, будучи ограненными, станут сверкать лучше, чем бриллианты, и, кроме того, засияют всеми цветами радуги: сильная зависимость показателя преломления от длины волны приводит к большой дисперсии света. Такое качество может пригодиться не только в ювелирном деле, но и при изготовлении оптических приборов. Вообще, все три предсказанные фазы по значению показателя преломления и по дисперсии света сильно обгоняют алмаз.

А возможен ли синтез таких фаз? Расчет, казалось бы, не свидетельствует в пользу подобной идеи: энергия таких структур высока, в пересчете на один атом она получается на 0,89—1,14 эВ больше, чем у алмаза. Однако известны углеродные фазы с подобной высокой энергией. Это фуллерены (различие 0,44—0,72 эВ с графитом) и аморфный углерод (превышение 0,7—0,99 над алмазом), которые вполне существуют при нормальных условиях. Расчет же показывает, что и новые фазы, если их получить, смогут существовать сколько угодно долго при атмосферном давлении. Главное — выбрать путь синтеза, который позволит миновать энергетически более выгодные структуры. Возможно, это удастся сделать быстрым ударным нагружением графита. Обходной путь — синтез методом химического осаждения углерода из пара на подложку с подходящим кристаллическим строением, когда энергетически будет выгодно зарождение кристаллов именно нужной фазы. В принципе такой метод синтеза вполне отработан для получения крупных алмазов. Тот факт, что структуры фаз известны, облегчает поиск подходящей подложки.

Хочется надеяться, что результаты наших расчетов в обозримом будущем приведут к попыткам синтеза этих новых модификаций. Если они окажутся успешными, и такие сверхплотные фазы углерода действительно будут получены, это может открыть новые технологические применения для углерода, структурное разнообразие которого, похоже, неисчерпаемо. Но уже сейчас, имея примеры натрия и других веществ, для которых теоретическое предсказание предшествовало экспериментальному синтезу, ясно, что математическое моделирование структур способно не только объяснять полученные экспериментаторами результаты, но и предсказывать новые направления исследований.

### Литература

**Oganov A.R., Glass C.W.** Crystal structure prediction using ab initio evolutionary techniques: principles and applications. «Journal of Chemical Physics», 2006, т. 124, с. 244704.

**Oganov A.R., Chen J., Gatti C., Ma Y.-Z., Ma Y.-M., Glass C.W., Liu Z., Yu T., Kurakevych O.O., Solozhenko V.L.** Ionic high-pressure form of elemental boron. «Nature», 2009, 457, с. 863.

**Ma Y., Eremets M.I., Oganov A.R., Xie Y., Trojan I., Medvedev S., Lyakhov A.O., Valle M., Prakapenka V.** Transparent dense sodium. «Nature», 2009, т. 458, с. 182.

**Zhu Q., Oganov A.R., Salvado M., Pertierra P., Lyakhov A.O.** Denser than diamond: ab initio search for superdense carbon allotropes. «Physical Review B», 2011, т. 83, с. 193410.

# Битва продолжается



По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире регистрируется более миллиона случаев заболевания раком молочной железы. При ранней диагностике и адекватном своевременном лечении женщина продолжает вести привычную нормальную жизнь в течение десятилетий. Усилия специалистов направлены на совершенствование методов диагностики и лечения.

Специалисты из университета Вирджинии (США) создали трехмерную модель, позволяющую наблюдать процесс разрастания тканей на самой ранней стадии формирования рака груди. Уже имеющиеся данные, а также те, что будут получены в ходе дальнейших исследований, позволяют надеяться на создание новых высокоэффективных препаратов, в том числе специфических для каждой пациентки.

Почти в 90% случаев формирование опухоли начинается в грудных протоках, которые напоминают ветку дерева. Удлиненные, цилиндрические в сечении основной «ствол» и боковые «ветки» состоят из базальных и люминальных клеток; и те и другие могут стать источником недуга. Внешний, базальный слой служит своего рода барьером, который не дает раковым клеткам вырваться за пределы протоков и начать путешествие по организму.

Авторов модели прежде всего интересовали механизмы, управляющие развитием грудных протоков и в особенности формированием базального слоя. Выяснилось, что задание на производство определенного количества таких клеток выдает протокам эпидермальный фактор роста (EGF). Это важный шаг для понимания того, как именно формируется опухоль и как нормальные базальные клетки противостоят распространению рака.

С помощью этой модели ученые обнаружили, что ткани грудных желез человека гораздо чувствительнее к факторам роста, чем мышинные. Вероятно, именно этим можно объяснить, почему опробованные на грызунах препараты оказываются менее действенными, когда доходят до их применения в клинике.

Подробное описание модели и полученных результатов представлено в статье «Sustained activation of the HER1 – ERK1/2 – RSK signaling pathway controls myoepithelial cell fate in human mammary tissue» («Genes & Development», 1 августа 2011 года).

Считается, что 10% всех случаев заболевания раком груди связаны с мутациями генов BRCA1 и BRCA2. По данным Американского онкологического общества, риск развития недуга у женщин с мутациями этих генов составляет 60%, тогда как при их отсутствии — 12%. Жительницы США, у которых они обнаружены, а также те, у кого есть близкие или дальние родственницы с аналогичными изменениями, начиная с 25 лет находятся под наблюдением специалистов. До 2007 года обязательной для них была ежегодная маммография, теперь ее данные уточняют с помощью магнитного резонанса, который позволяет увидеть крошечные опухоли гораздо раньше. Частью комплексных мер является и профилактическая мастэктомия — удаление молочной железы.

В исследовании, проведенном сотрудниками Техасского университета, приняли участие 132 женщины с установленной мутацией одного из генов BRCA. Изучение фамильного древа каждой из них позволило вывить 106 женщин, родственницы

которых в предыдущих поколениях болели раком груди или яичников, связанным с мутациями этих генов. Авторы интерпретировали год рождения, возраст, когда был поставлен диагноз, место мутации для представительниц разных поколений.

Выяснилось, что рак существенно «помолодел». Если у современных женщин его «средний возраст» 42 года, то у их матерей или тетушек — 48. Используя математические модели, ученые определили, что в последующих поколениях заболевание может появиться на 7,9 года раньше.

По мнению ученых, это означает, что помимо генных мутаций важную роль играют образ жизни и состояние окружающей среды. Но для уточнения роли этих факторов необходимо более масштабное обследование ([www.cancer.gov](http://www.cancer.gov), пресс-релиз американского Национального онкологического института от 12 сентября 2011 года).

Лечению рака груди препятствуют клетки, иницирующие развитие болезни, или раковые стволовые клетки. Они устойчивы к радио- и химиотерапии, и, если хотя бы некоторое их количество благополучно выдерживает терапевтическую атаку, нередко образуется новая опухоль. Стабилизировать число таких клеток позволяет, в частности, препарат для химиотерапии лапатиниб, однако ни одно лекарство не в состоянии полностью их уничтожить.

Сотрудники Андерсоновского Центра по борьбе с раком (Техасский университет) предлагают метод генной терапии, позволяющий целенаправленно уничтожать раковые клетки, тем самым снижая вероятность возврата болезни и повышая эффективность некоторых видов химиотерапии.

Проведя исследования на клеточной культуре и на мышах, ученые выяснили, что генная мутация BikDD блокирует деятельность трех белков семейства Bcl-2 и за счет этого существенно уменьшается число раковых стволовых клеток.

Генная терапия стала возможной благодаря новой системе транспортировки VISA. Белок клаудин-4, два компонента, подстегивающие экспрессию генов в ткани, на которую направлена атака, и собственно груз — мутантный ген BikDD, который, как известно, убивает раковые клетки, — все это упаковано в липосому и вводится внутривенно.

Семейство белков Bcl-2, особенно подтипы Bcl-2, Bcl-xL, Mcl-1, играет ключевую роль в росте опухоли и ее сопротивлении при лечении. Если присутствуют хотя бы два из них, прогноз для пациента, как правило, плохой и применение традиционных препаратов для химиотерапии не дает положительных результатов.

В предложенной системе доставки авторы использовали клаудин-4 — белок, в избытке вырабатывающийся при раке груди, — чтобы вызвать преобладающую экспрессию BikDD. Это заставило замолчать белки семейства Bcl-2, а раковые клетки начали саморазрушаться. При этом нормальные клетки остались в неприкосновенности. Размер опухоли у мышей уменьшился на 75% по сравнению с контрольной группой.

Таким образом, генная терапия, предвещающая химиотерапию, могла бы сделать последнюю гораздо эффективнее. Результаты работы опубликованы в журнале «Cancer Cell» 13 сентября 2011 года.

**Е. Сутоцкая**

**Нейроны  
в дыму**

*Гипоксия совсем не так влияет на развитие мозга плода, как думали до сих пор.*

«Proceedings of the National Academy of Sciences», 30 августа 2011, doi: 10.1073/pnas.1106129108

**Л**есной пожар, дым которого может неделями отравлять воздух в населенных пунктах, как это было на Европейской части России в 1976, 2002 и 2010 годах, сказывается на здоровье многих людей. В группу риска попадают беременные — в дыме много угарного газа, он связывается с гемоглобином и обедняет кровь кислородом. В результате плод начинает задыхаться — возникает гипоксия. (По этой же причине, кстати, беременным запрещают курить.)

Как предполагали до сих пор медики, какие-то клетки могут даже погибнуть от нехватки кислорода, причем достаточно случайным образом. Если умирают нервные клетки, это может вызвать нарушения развития головного мозга. С некоторой долей вероятности они способны привести к таким расстройствам, как шизофрения, аутизм, эпилепсия, не говоря о менее серьезных неприятностях. Считалось, что бороться с этой бедой нельзя именно из-за случайного характера повреждений; можно лишь смягчать последствия отравления — например, потреблять во время пребывания в задымленной зоне свежие соки и прочие источники антиоксидантов.

Исследование американских ученых из Скриппсовского исследовательского института во главе с профессором Джеральдом Чаном вселяет надежду, что лекарство от гипоксии плода все-таки будет создано. В его лаборатории исследуют сигнальную роль известного фосфолипида — лизофосфатидной кислоты (LPA) — в мозгу. Лизофосфатидная кислота соединяется со специфическим рецептором на мембране молодого нейрона и каким-то образом стимулирует его деятельность. Так вот, оказалось, что если получить мышат-мутантов, у которых рецептора вообще нет, то гипоксия никак не скажется на развитии коры головного мозга. По-видимому, она не вызывает гибель клеток, но перепутывает пути их развития. Если мышиная модель соответствует ситуации, наблюдаемой у человека, это дает возможность подумать о профилактическом средстве. Родителям детей, которые уже попали под воздействие дыма, будучи в утробе матери (например, летом 2010 года), не стоит из-за этого тревожиться — вероятность серьезных отклонений мала, однако внимание врачей и дополнительные развивающие занятия этим детям не помешают. Как, впрочем, и всем остальным малышам.

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

**Урожай  
без «химии»**

*Продукция органического земледелия (по-нашему, экологически чистого) не так уж и дорого стоит.*

«Agronomy Journal», 2011, т. 103, № 5, с. 1372

**С**пор между сторонниками и противниками применения синтетических удобрений и ядохимикатов длится не один год. Противники «всеческой химии» утверждают, что их продукты более полезны как для человека, так и для окружающей среды, сторонники же справедливо указывают, что без интенсивных методов, обеспечивших «зеленую революцию» XX века, население Земли не прокормить. Впрочем, эти идеологические послы можно поверить алгеброй рыночной экономики — рассчитать, насколько подорожает еда, выращенная только за счет природных ресурсов. Такой расчет провел дипломник Миннесотского университета Тимоти Дельбридж. Он подвел итог 18-летнего эксперимента, который проводился в подопытном университетском хозяйстве.

При двухлетнем севообороте (кукуруза — соя) средняя годовая выручка от продажи «химического» урожая составила 846 долларов на гектар, а при четырехлетнем (кукуруза — соя — овес — люцерна) — 675 долларов на гектар. В органическом земледелии применяли только четырехлетний оборот — кардинальная смена культур, особенно использование бобовых, повышает общую плодородность почвы и облегчает борьбу с вредителями. Доход составил 659 долларов на гектар. Однако органическое земледелие дотируют как власти, так и потребители. С учетом этой дотации «органический» доход оказался гораздо выше — 1329 долларов/га. Получается, что этот вид земледелия весьма выгоден для фермера, а если дотацию убрать, то от среднего «химического» хозяйства «органическое» отстанет лишь на четверть. Правда, Дельбридж указывает, что этот вывод справедлив лишь для Миннесоты. Какой получится баланс в местности с другим климатом, пока неясно.

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

**Сверхтонкий  
сверхпровод**

*Возможно, в сверхтонкой пленке удастся обрести горячую сверхпроводимость.*

Jak Chakhalian, jchakal@uark.edu

**С**того дня, как Георг Беднорц и Карл Мюллер (Нобелевская премия 1987 года) открыли высокотемпературную сверхпроводимость купрата иттрия и поняли, что за нее отвечает дефектность его структуры — недостаток атомов кислорода по сравнению со стехиометрией, материаловеды много раз пытались сделать следующий шаг и получить горячую сверхпроводимость (при комнатной температуре). Но успеха не добились. Принципиально новое направление поисков предложил профессор Арканзасского университета Яак Чахальян. Он считает, что помочь могут упругие напряжения, которые возникают в тонкой пленке при ее выращивании.

Откуда берутся напряжения? Пока пленка тонкая, ее атомы должны подстраиваться под кристаллическую решетку подложки. По мере увеличения толщины пленки мощность напряжений возрастает, и они сначала порождают дефекты решетки, а потом пленка начинает коробиться и отслаиваться от подложки, что едва ли улучшит проводящие свойства. Поэтому никто всерьез не занимался поиском сверхпроводимости в такой напряженной пленке. Но Чахальян с коллегами сумели вырастить пленку сверхпроводящей керамики так, что она получилась одноатомной, бездефектной и даже как будто недеформированной. Исследования на синхротроне показали, что напряжения удается погасить не изменением длин межатомных связей, а за счет их вращения. Это вращение может сказаться и на свойствах сверхпроводящих пар электронов, придав им дополнительную устойчивость при высокой температуре. Теперь остается только растить пленки керамики на разных подложках и мерить сопротивление — авось повезет и в каком-нибудь 1001-м опыте в руках исследователей окажется напряженный горячий сверхпроводник.

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

**Перспективы  
Солнца**

*Солнечная энергетика развивается по экспоненте.*

Агентство «AlphaGalileo», 5 сентября 2011 года.

**О**бъединенный исследовательский центр при Европейской комиссии подвел промежуточные итоги развития солнечной энергетик. Согласно его докладу, она вступила в новую фазу — превратилась в реальную отрасль промышленности. Так, в 2010 году только вложения в этот сектор составили 35—40 млрд. евро, а в 2015 году они удвоятся. Производство солнечных батарей за двадцать лет выросло в 500 раз: с 46 МВт в 1990 году до 23,5 ГВт. В 2012 году в мировые сети генерации электричества будет добавлено 17—19 ГВт солнечных мощностей, что составляет примерно полпроцента от общей мощности всех электростанций Земли. При этом следует учесть, что немало солнечных электростанций в сеть не включены, а обслуживают отдельно стоящие здания, транспортные средства или приборы. Объемы производства растут, и в ближайшие три года цена киловатта установочной мощности таких солнечных электростанций должна упасть в два раза. Столь быстрому росту способствуют введение новых стандартов защиты окружающей среды и маневры с тарифами на электричество.

**Воспаление и рак: союзники или враги?**

*Иммунная система может как способствовать развитию злокачественной опухоли, так и предотвращать его.*

«The American Journal of Pathology», 2011, т. 179, № 3, с. 1455.  
«Nature Communications», 15 марта 2011, doi:10.1038/ncomms1239

**Р**ак и воспаление связаны воедино множеством механизмов. Очередной предложили ученые из Скриппсовского исследовательского института во главе с профессором Джеймсом Квигли и Еленой Дерюгиной. Суть его такова. Когда возникает воспаление, к его месту в числе первых приходят нейтрофилы — одна из разновидностей белых кровяных телец. В частности, они выделяют вещества, которые способствуют образованию новых кровеносных сосудов. Оно и понятно: к полю битвы надо подтягивать войска-лимфоциты, а те перемещаются с кровью. Но по ним же следует и кислород, который нужен раковой опухоли для быстрого роста. Так возникает союз между, казалось бы, непримиримыми врагами: опухоль приманивает нейтрофилы и те, сами того не желая, выращивают вокруг нее сеть снабжения. Отсюда вывод: если удалось выявить рак на ранней стадии, пациенту надо бы прежде всего дать препарат, снижающий неуместную деятельность нейтрофилов.

Однако противовоспалительные препараты надо назначать с умом, считают исследователи из университета Осло во главе с Александром Кортеем. Ведь иммунная система специально предназначена для борьбы с враждебными клетками. Ей надо только правильно рассказать, кто есть кто. Для этого служат две сотни сигнальных молекул. Норвежские исследователи изучили три десятка из них и нашли три, которые могут помочь борьбе с раком. Эти молекулы помогают правильно наводить на цель Т-лимфоциты, которые разрушают раковые клетки, и, кроме того, вырабатывая свои сигнальные молекулы, привлекают других убийц — макрофагов. А они, в частности, разрушают кровеносные сосуды (видимо, те, которые ранее построили нейтрофилы). Вот на основе этих сигнальных молекул, по мнению Кортее, и надо делать препарат, который следует доставлять непосредственно в опухоль.

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

**Хеликобактер и рак**

*Рак желудка — следствие прямого контакта бактерии с клетками человека.*

PNAS Early Edition, doi: 10.1073/pnas.1100959108

**Б**иологи довольно давно установили, что бактерия *Helicobacter pylori*, попав в желудок, вызывает не только язву, но впоследствии и раковую опухоль. Как она это делает? На этот вопрос взялись ответить биологи из Цюрихского университета во главе с профессорами Анной Мюллер и Массимо Лопесом. Оказалось, что бактерия непосредственно разрушает обе спирали ДНК в тех клетках стенки желудка, к которым присоединилась. В их числе как обычные клетки, так и мезенхимальные.

Естественно, клетка чинит поврежденную молекулу, однако, если бактерию не удалить, повреждения возникают одно за другим. Способности же защитных систем клетки не беспредельны. В конце концов система дает сбой, и начинается образование злокачественной опухоли. В общем мораль такова: начинать борьбу с хеликобактером нужно чем раньше, тем лучше.

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

**Водородная баржа**

*В Англии испытали баржу с водородной электротягой.*



Агентство «AlphaGalileo», 31 августа 2011 года

**Ч**етыре года назад британские инженеры из Бирмингемского университета решили узнать, нельзя ли модернизировать речной флот, а именно заменить дизельные двигатели на электрические, питаемые водородом.

Сказано — сделано. Они взяли старую баржу, установили на ней электродвигатель мощностью в 10 кВт и свинцовые (то есть дешевые) аккумуляторы емкостью 47 кВт\*ч, которые во время плавания питали электродвигатель. Чтобы закачивать в аккумуляторы электроэнергию, на борту поставили топливный элемент мощностью в 1 кВт, а к нему хранилище водорода на 50 кВт\*ч. Не обошлось и без солнечной батареи мощностью 320 Вт. Хранилище водорода — один из основных элементов установки. Его сделали из смеси порошков гидридообразующих элементов — титана, циркония, ванадия, марганца и железа, помещенной в стальную оболочку. При нагреве этот элемент выделяет водород, который и идет на производство электричества. Испытания показали, что баржа каждый день ходит по 4—6 часов, расходуя в среднем 14—18 кВт\*часов энергии на рейс. А топливный элемент работает круглосуточно и успешно пополняет этот запас, да еще питает корабельные приборы, компьютеры и сотовые телефоны экипажа. Свой вклад вносила также солнечная батарея. Впрочем, для экономии водорода аккумуляторы во время стоянок подзаряжали и от сети.

В результате баржа, к радости экипажа, стала почти бесшумной, перестала отравлять людей и окружающую среду зловонным выхлопом дизельного двигателя и вдобавок снизила выбросы углекислого газа (если водород получать без использования ископаемого топлива).

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

**Алмазная планета?**

*Группа астрономов уверена, что нашла планету, значительная часть которой представляет собой алмаз.*



Агентство «AlphaGalileo», 30 августа 2011 года

**В**первых числах сентября «алмазная планета» занимала первые места в лентах новостей, причем, как правило, привлеченные броским заголовком пресс-релиза авторы заметок пускались в рассуждения о том, как славно было бы добывать на ней драгоценные камни. Настоящая же история такова.

Робот, изучая данные поиска пульсаров, которые ведет Эффельсбергский радиотелескоп, принадлежащий Обществу Макса Планка, обнаружил в 4000 световых лет от нас нейтронную звезду с периодом обращения в миллисекунды. По систематическому изменению этого периода удалось установить, что вокруг звезды вращается планета размером с пол-Юпитера. Ее орбита очень близка к звезде — радиус составляет 600 тыс. км, что чуть меньше радиуса Солнца. Казалось бы, рутинная: ну еще одна планета, очередной горячий юпитер. Ан нет — измерения массы показали, что планета очень тяжелая. «Ее плотность, похоже, столь же высокая, как плотность платины, — поясняет руководитель работы Мэтью Бейлс из Суинберновского технологического университета (Австралия), — и это многое говорит о ее происхождении». А именно: астрономы наткнулись на след древней катастрофы: одна звезда из двойной системы сорвала с другой почти все вещество, оставив лишь плотное ядро, сама же взорвалась и стала нейтронной звездой. В процессе перекачки вещества она так сильно и раскрутилась.

Из чего же состоит это ядро? Согласно современной теории, в звезде нет столько платины, чтобы сформировать столь большую планету, — элементы тяжелее кислорода в ней содержатся в следовых количествах. Много может быть лишь водорода, гелия, углерода и кислорода. Первые, очевидно, улетели. Значит, планета должна состоять из двух оставшихся. Желая свести концы с концами и объяснить, как легкие элементы могли обеспечить столь высокую плотность, астрономы и объявили, что углерод с кислородом образовали подобную алмазу кристаллическую фазу. Однако они забыли, что плотность платины почти в десять раз больше алмазной! Чтобы ее достичь, атомы кислорода и углерода должны вжаться друг в друга до самых внутренних электронных оболочек. Какая решетка окажется стабильной при таком давлении — предмет долгих расчетов (см. статью А.Р.Оганова в этом же номере), но называть эту структуру алмазной вряд ли уместно. Хотя чего не сделаешь ради красного слова...

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

# Остеопороз: хрупкость уже не в моде

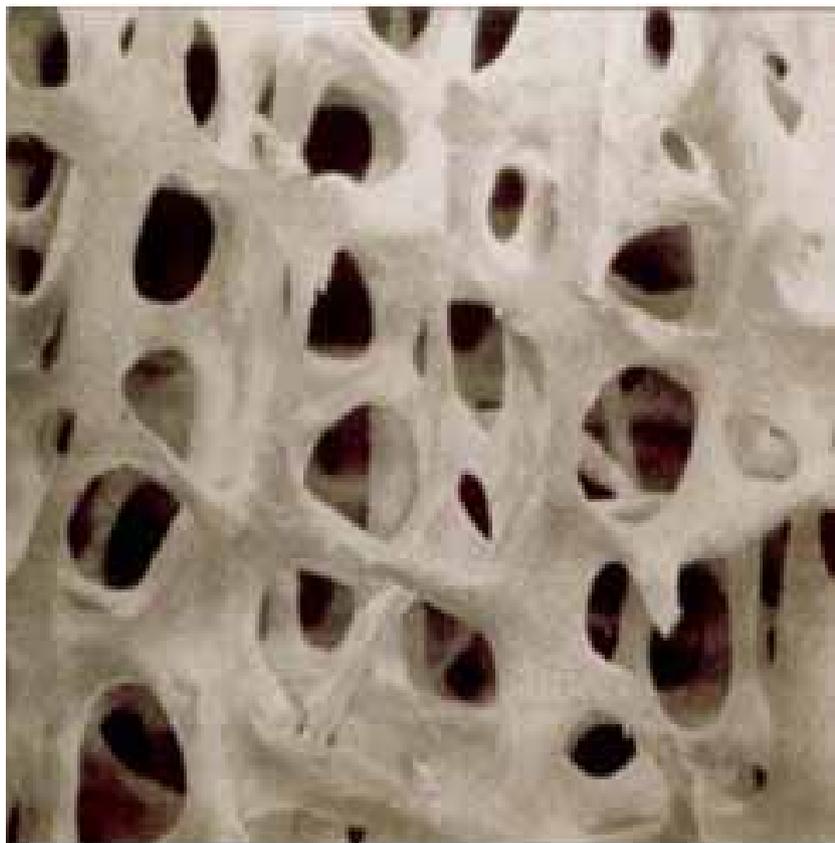
Кандидат медицинских наук

**Ж.Е.Белая,  
Ю.И.Белая**

Еще в начале XIX века английский хирург Эшли Купер заметил «легкость и мягкость, которую приобретают кости у людей преклонных лет», и связал эти изменения с их повышенной ломкостью. Однако название этому явлению несколько позже придумал французский патологоанатом Жан Лобштейн. Объединив греческие слова «osteo» (кость) и «poros» (дыра), он предложил термин остеопороз. Сначала остеопорозом называли любую патологию костей, но уже довольно скоро «мягкие» кости — остеомаляцию отделили от «хрупких» — остеопороза. Только в 40-х годах XX века американский эндокринолог Фуллер Олбрайт связал потерю костной ткани с дефицитом женских половых гормонов эстрогенов и ввел понятие «постменопаузальный остеопороз».

Справедливости ради надо заметить, что почти все гормоны, а не только эстрогены, нужны для здоровья скелета, поэтому многие эндокринные заболевания приводят к повышенной хрупкости костей. Однако эндокринные болезни встречаются несравнимо реже, чем остеопороз, связанный с недостатком гормонов после наступления менопаузы. Ведь в этот период со временем вступает каждая женщина, да и у мужчин с возрастом изменяется уровень гормонов. Согласно данным Международного фонда остеопороза, до 50% женщин и 30% мужчин после 50 лет испытывают низкотравматичный перелом. Сегодня в мире каждые три секунды случается низкотравматичный перелом, а каждые 22 секунды — перелом тела позвонка.

Что подразумевают под словом «низкотравматичный»? Нормальный человек не должен ломать себе кости, падая с высоты собственного роста, но это все же бывает. Чаще — у детей, которые



еще не набрали пика костной массы, или у людей старше 50 лет, которые ее уже потеряли...

## Из чего состоит наш скелет и можно ли его потерять

Как устроена кость? Основу костной ткани составляет матрикс, в котором замурованы клетки остеоциты, связанные друг с другом отростками. Матрикс, в свою очередь, состоит из органической части — белков (в основном коллагена) и неорганической — гидроксиапатита  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Когда кость строится, то сначала остеобласт (молодая, остеобразующая клетка) синтезирует матрикс (белок, в том числе коллаген), на котором потом происходит минерализация (формируется гидроксиапатит). По мере формирования костной ткани остеобласты превращаются в остеоциты. Сразу уточним, что в организме также есть высокоспециализированные клетки, которые разрушают костную ткань — остеокласты. Они могут поглощать вещество кости и «переваривать» его, в том числе минеральную составляющую.

Неорганические кристаллы гидроксиапатита делают кость прочной, но именно белок определяет, в каком направлении кость должна выдерживать максимальное напряжение. Например, сначала остеоциту, а потом и остеобласту становится «известно», что рука теннисиста испытывает повышенную нагрузку, и в этой зоне возникают ми-

кроповреждения — участки кости разрушаются. Вновь образованная кость оказывается лучше приспособленной именно к таким испытаниям. Это одна из причин, почему так полезны осевые нагрузки — до определенного предела они способствуют укреплению кости.

Сначала человек активно набирает костную массу, ее пик обычно приходится на 20—30 лет. Набрав максимум, после 40 лет, человек начинает постепенно терять 0,1—0,2% костной массы в год (темпы потерь определяют генетическая предрасположенность и образ жизни). Это происходит потому, что с возрастом увеличивается активность клеток-разрушителей остеокластов и разрушение костной ткани начинает преобладать над костеобразованием. В каждом цикле образуется чуть-чуть меньше костной ткани, чем было разрушено. В среднем 10% скелета взрослого человека находится в состоянии костного ремоделирования, то есть разрушения старой и синтеза новой кости. Такой цикл в каждой отдельной обновляющейся «единице» занимает в среднем шесть месяцев, при этом лишь две-три недели приходится на разрушение, а остальное — на синтез органического матрикса и последующую минерализацию.

Примерно в 50 лет, когда женский организм уже вырабатывает существенно меньше гормонов, процесс ускоряется и потери костной массы составляют почти 1—2% в год. Поэтому женщины



1  
В норме (слева) кость — пористая, с толстыми, организованными балками, легкая и прочная одновременно. При остеопорозе (справа) костная ткань становится более дырчатой и неорганизованной

раньше и в большей степени подвержены риску остеопороза. Но это не значит, что его не бывает у мужчин. Как показала практика, старение имеет более сложный механизм, лишь частично зависящий от гормонального статуса. Иначе современная медицина могла бы сделать человека «вечно молодым», просто добавив недостающие гормоны. Хотя у мужчин и не бывает менопаузы, у них тоже происходит критическая потеря костной массы и случаются возрастные переломы, только несколько реже и позже, чем у женщин.

Уменьшение массы костной ткани, которое происходит с возрастом, приводит к снижению ее плотности. Но важно не только это. С возрастом изменяется внутренняя организация балок, которая и определяет способность кости адаптироваться. Ведь для костей важна трехмерная структура, взаимная ориентация костных балок. Если балки не только истончаются, но и ухудшается их организация, способность такой кости противостоять нагрузке многократно уменьшается.

Кость может стать настолько хрупкой, что опасным становится банальное падение с высоты собственного роста, причем ломаются даже прочные бедренные кости (что смертельно опас-

но). Бывают совершенно невероятные случаи: кашель или неловкое движение могут привести к острой боли, которая сопровождается компрессионный перелом позвонка. Когда таких переломов много, гордая осанка сменяется тем, что в простонародье называется «вдовий горб». В некоторых случаях компрессия позвонков может быть равномерной — тогда грудная клетка укорачивается, на спине появляются кожные складки, объем грудной клетки уменьшается и возникают проблемы с внутренними органами, которым не хватает места...

Зачем мы рассказываем читателям такие медицинские страшилки? Затем, что, как показывает практика, не все относятся к этой проблеме серьезно. Иногда даже приходится слышать, что остеопороз, как и многие другие болезни, придумали в XX веке. Между тем раскопки захоронений Древнего Египта показали, что пожилые люди одной из первых цивилизаций уже страдали остеопорозом. Женщины были больше подвержены болезни, чем мужчины, у богатых женщин она встречалась чаще, чем у бедных, поскольку последние много работали в поле и дома. А вот у мужчин, наоборот, кости высшего сословия оказались прочнее. Возможно, благодаря хорошему питанию и умеренным физическим нагрузкам — ведь изнурительный труд тоже не полезен.

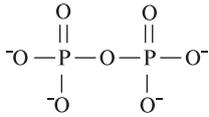
Спрашивается, а как же такие больные кости сохранялись веками? На

самом деле сохранилась неорганическая часть. Основа остеопороза — дисбаланс между разрушением и образованием органической части кости. Когда при остеопорозе разрушение становится интенсивным, интенсивнее становится и костеобразование. Но поскольку последнее происходит дольше и занимает три-четыре месяца, то «в спешке» страдает качество и остается небольшой дефицит костной массы. Раз органической части меньше (а именно она определяет, сколько будет минерала и какова будет его трехмерная структура), то и неорганической части будет недостаточно. Если речь об останках, в которых костного ремоделирования не происходит, а остеокласта (клетки разрушителя) нет, поскольку он погиб вместе с хозяином, то минерал остается на века и даже тысячелетия, обеспечивая работой археологов.

Не нужно быть врачом, чтобы увидеть проблему на изображении кости при остеопорозе (рис. 1). Однако чтобы получить такое изображение, необходимо сначала взять образец костной ткани пациента (биопсию), что сложно и неприятно для больного, а затем посмотреть его с помощью микрокомпьютерной томографии — только тогда получится красивая трехмерная картинка. Конечно, в рутинной практике эту процедуру никому не делают, а просто направляют на безболезненную и безопасную рентгеновскую остеоденситометрию, которая измеряет плотность костной ткани (ее минерального компонента). Этот же метод использовали для «диагностики» остеопороза у древних египтян.

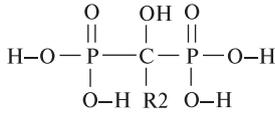
## Факторы риска

Рентгеновская остеоденситометрия уже давно стала рутинным исследованием. Специальный прибор измеряет плотность кости и рассчитывает величину стандартного отклонения от пика костной массы в 20—30 лет (получается T-критерий) и от возрастной нормы (Z-критерий). Всемирная организация здравоохранения постановила, что если T-критерий у женщины в постме-



2

Химическая структура пирофосфата



3

Современные бисфосфонаты

нопаузе или у мужчины старше 50 лет равен или меньше (-2,5), то есть ниже на 2,5 стандартных отклонения, то можно ставить диагноз «остеопороз». Эту величину стандартного отклонения рассчитывают специальным образом (ведь не бывает одинаковых людей, поэтому и цифра нормы не может быть одной на всех).

Денситометрия измеряет плотность, а мы уже говорили, что плотность не определяет всех прочностных характеристик кости: важна еще и микроархитектоника, то есть внутренняя организация балок. Поэтому врачи ориентируются не только на остеоденситометрию, но и пытаются представить, каков риск переломов на основании факторов риска.

Например, если уже были переломы, то это значительно увеличивает риск последующих. У 20—30% женщин, переживших перелом тела позвонка, случается компрессия второго уже в течение первого года. К другим факторам риска относится возраст (старше 65 лет), переломы бедра у родителей — наследственная предрасположенность, прием глюкокортикоидных гормонов, а также многие тяжелые хронические заболевания. Алкоголь и курение — тоже факторы риска. Достаточно выпивать три рюмки водки ежедневно, и остеобласты (клетки-строители кости) не смогут работать как надо. А вот никотин для костей не так вреден, больше вреда

приносит кадмий, содержащийся в сигаретах. После выкуривания одной сигареты в организм попадает 0,1—0,2 мкг кадмия, который способен замещать кальций в костях и вызывать тяжелые нарушения минерализации. Отравления кадмием могут случиться и при употреблении воды и зерновых, выращенных вблизи металлургических предприятий и нефтеперегонных заводов. При остром отравлении у человека появляются невыносимые боли в мышцах, начинаются самопроизвольные переломы костей и серьезные нарушения печени и почек. Конечно, хроническое отравление кадмием при курении тоже не проходит для костей бесследно. Кстати, некоторые исследователи обвиняют этот металл и в увеличении риска онкологических заболеваний у курильщиков.

Но если у вас нет вредных привычек, это не значит, что вы в безопасности — ведь остеопорозом болеют в основном пожилые люди, особо к вредным привычкам и не склонные. Поскольку с возрастом костную массу терять начинают все, то будет ли при этом человек страдать переломами, зависит от его «запаса прочности». Иначе говоря, от того, сколько костной массы ему удалось накопить в детстве и юности, какова генетическая предрасположенность и образ жизни. Кстати, самые прочные кости — у представителей негроидной расы, на втором месте европеоидная раса, и меньше всего с этим повезло азиатам. Однако для всех одинаково важно обеспечить кости строительным материалом — белком и кальцием. Незря детям рекомендуют употреблять как можно больше молочных продуктов, ведь в них есть и то и другое.

А можно ли укрепить кость, когда человек перестал расти? Оказывается, да! Ведь костная ткань способна обновляться в течение всей жизни. Поврежденные участки разрушаются, а на месте разрушенных строится новая ткань, лучше приспособленная к нагрузкам. В норме такие процессы позволяют адаптировать костную ткань к различным механическим нагрузкам, и получается, что чем они больше, тем прочнее кость. И наоборот — у обездвиженного человека кость разрушается, из чего следует, что никому не полезно быть лежебокой. Кстати, даже тренированные космонавты в невесомости теряют костную массу. Вместе с тем, если костной ткани не хватает строительного материала — белка, кальция, фосфора и, что не менее важно, витамина D, который помогает костной ткани набирать кальций, то и от физических нагрузок не будет большой пользы. Кстати, некоторые исследователи считают, что

кофеин, содержащийся в кофе и кокаколе, плохо влияет на кости, другие же предполагают, что дело не в кофеине, а в том, что они заменили молоко и кисломолочные напитки. В общем, рекомендации банальны: подвижные игры на свежем воздухе и стакан молока, кефира или йогурта на ночь.

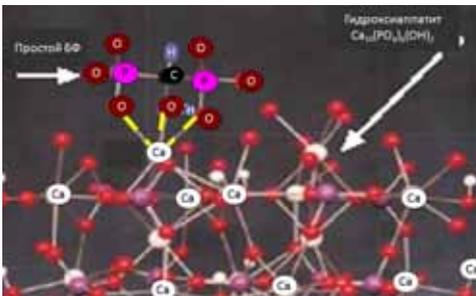
Нельзя не упомянуть о биодобавках — препаратах кальция, которые постоянно рекламируют. Организму все равно, откуда он получает строительный материал — из обыкновенной пищи или из добавки. Если питание несбалансированное и каких-то элементов не хватает (в нашем случае интересны кальций и витамин D), то, наверное, можно подумать и о добавках. Кроме того, добавки кальция и витамина D рекомендуют пожилым людям для профилактики остеопороза. Но у них тоже есть противопоказания, поэтому всегда нужно посоветоваться с врачом. А если у вас действительно остеопороз, то никакие самые дорогие препараты кальция вам не помогут. В этом случае кальций и витамин D назначают только вместе с лекарством.

Насколько же расширились наши возможности в лечении недуга?

## Химия на страже

Сначала казалось, что заместительная терапия женскими половыми гормонами в менопаузе решит все проблемы. Однако практика показала, что эффективность такой терапии ограничена, а побочные эффекты серьезны. Решение пришло неожиданно. С середины XIX века немецкие химики начали использовать пирофосфаты (рис. 2) в нефтеперерабатывающей промышленности и в системах орошения. Его соли кальция не выпадали в осадок, поэтому трубы оставались чистыми и работали долго. Еще через сто лет швейцарский ученый Герберт Флейш испытал пирофосфат на биологических жидкостях. В 1965 году он написал: «Неорганический пирофосфат ингибирует преципитацию кальция фосфата в плазме и моче...» — то есть препятствует его отложению. Это открытие позволило значительно продлить жизнь мальчику с тяжелым заболеванием, при котором как раз происходит отложение кальция в органах и тканях. Однако пирофосфат не влиял на костный обмен, а кроме того, в организме его молекулы легко разрушали ферменты.

Замена центрального атома кислорода в пирофосфате на углерод привела к целому классу стабильных и очень эффективных медицинских препаратов — бисфосфонатов (рис. 3). Сейчас их используют при болезни Педжета, в онкологии и наиболее широко — для лечения первичного и вторичного остеопороза.



4

Взаимодействия простейшего бисфосфоната с гидроксиапатитом

Эти препараты оказались таким прорывом в медицине, что долгое время их применяли, даже не понимая механизм действия.

Современные бисфосфонаты для лечения остеопороза содержат атом углерода, связанный с гидроксильной группой и радикалом  $R_2$  — в котором есть атом азота, поэтому их называют азотсодержащими. Именно в этом случае бисфосфонат очень прочно соединяется с костью, а точнее с ее гидроксиапатитом (рис. 4), причем радикал, содержащий атом азота, делает связь еще прочнее. Сегодня механизм уже известен. Остеокласт (клетка-разрушитель) создает в костной ткани кислую среду, благодаря этому из гидроксиапатита высвобождается бисфосфонат. Его вместе с веществом кости поглощает остеокласт, после чего активность последнего сильно падает. Дело в том, что азотсодержащий бисфосфонат блокирует действие фермента, который нужен для синтеза холестерина и целого спектра белков, важных для нормальной работы остеокласта. Срок жизни и активность остеокласта уменьшается, и, как следствие, уменьшается разрушение кости. Правда, возникает целый ряд вопросов.

Например, помогают ли бисфосфонаты при атеросклерозе? Увы, нет. Оказываются, бисфосфонаты, попав в организм,

благодаря своему высокому сродству к гидроксиапатиту сразу же поступают в костную ткань или выводятся почками. А для снижения уровня холестерина нужно, чтобы препарат попал в печень. Именно там работают статины — препараты, снижающие уровень холестерина, но неэффективные для лечения остеопороза, поскольку они никогда не попадают в кости. Стоит также отметить, что связь  $P-C-P$  не по зубам ни одному ферменту, поэтому бисфосфонаты не разлагаются в организме, а врачам не нужно отслеживать судьбу метаболитов. Ведь иногда продукты переработки лекарства в организме вызывают опасные побочные эффекты. При этом бисфосфонаты сохраняют свойства пирофосфата и препятствуют выпадению солей кальция в осадок, а стало быть, не откладываются в виде камней в почках.

И тем не менее препараты для лечения остеопороза должен назначать только врач, а ход лечения необходимо строго отслеживать.

Сейчас на смену простой молекуле бисфосфонатов приходят новые достижения молекулярной биологии и биохимии — антитела, сложные трехмерные белковые молекулы, позволяющие вмешаться в образование остеокластов и остеобластов. Однако применение новых технологий лечения остеопороза — перспектива будущего. А пока современная медицина сделала большой шаг в борьбе с остеопорозом — одним из проявлений старения организма, и успешное решение пришло из неорганической химии.



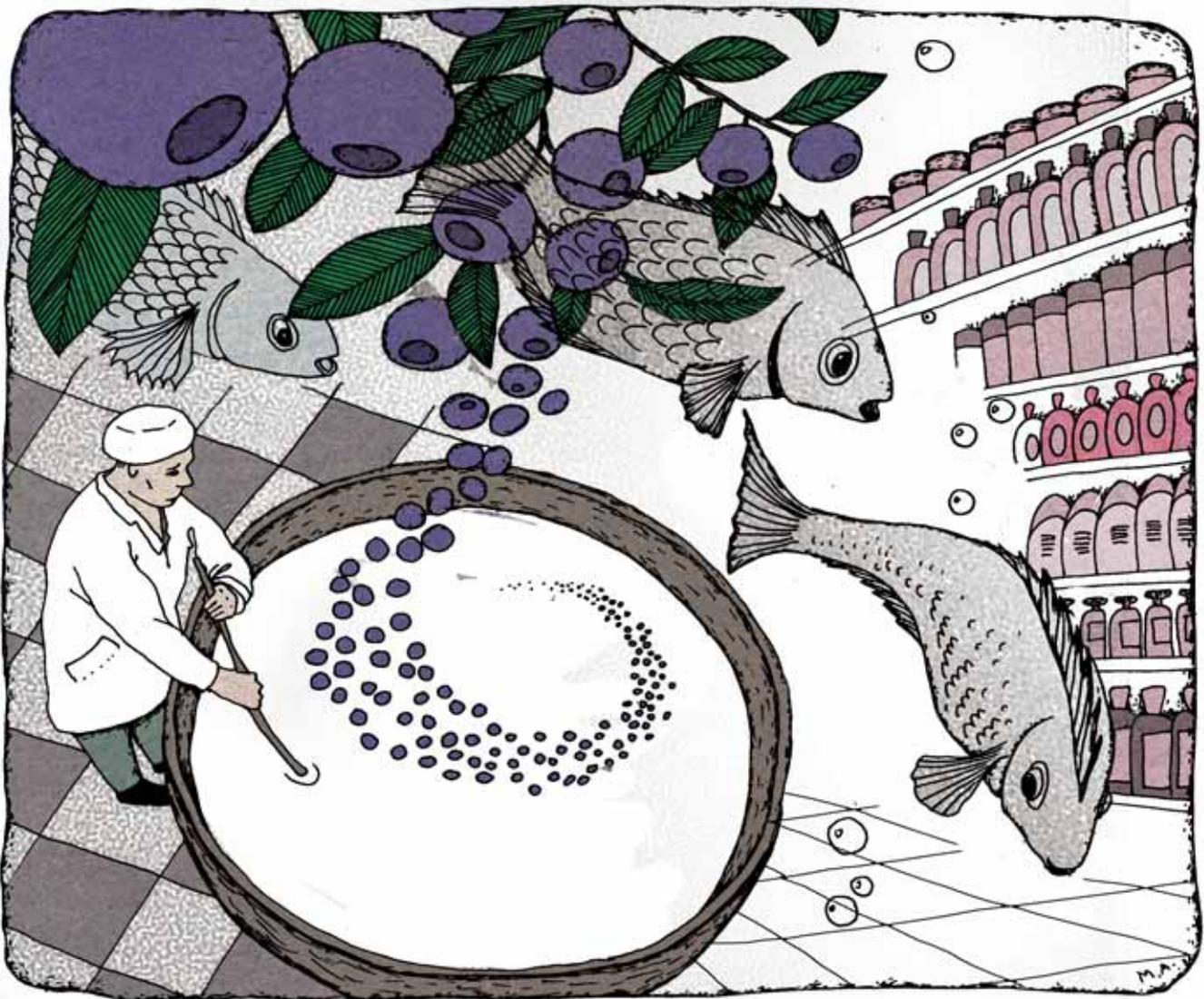
## Норма жизни

Достаточное потребление кальция — необходимое условие для набора пика костной массы и ее поддержания на протяжении всей жизни. Средние нормы потребления кальция для взрослых — 1000 мг в день, для пожилых людей, подростков и беременных — 1200—1500 мг. Больше всего кальция в молочных продуктах, из всей остальной еды человек в день получает примерно 350 мг кальция. Посчитать, сколько вы съедаете за день кальция, довольно легко, используя таблицу. Например утром 150 г творога (180 мг), на ночь выпиваете стакан любого кефира (240 мг) и + 350 мг от общей еды. Этого маловато: получается 770 мг кальция, поэтому в течение дня надо еще как минимум добавить два-три кусочка сыра. Ниже мы приводим таблицу, с помощью которой вы можете оценить, сколько кальция содержится в некоторых продуктах питания, а заодно, сколько в них калорий (многие заботятся о стройности фигуры) и холестерина (его стоит избегать людям старше 50 лет). Добавки кальция и витамина D могут помочь, если вы не любите молочные продукты или они у вас не усваиваются.

### Содержание кальция и холестерина в продуктах

Продукт	Содержание кальция (мг на 100 г продукта)	Содержание холестерина (мг на 100 г)	Калорийность (ккал на 100 г)
Молоко стерилизованное 3,2%	121	9	60
Кефир 3,2%	120	9	59
Творог нежирный	120	2	110
Творог 18%	150	60	236
Молоко сгущенное с сахаром 8,5% жирности	365	30	328
Йогурт 1,5% жирности	124	5	57
Сметана 20% жирности	84	130	293
Сыр российский	880	88	364
Сулугуни	650	61	286
Пломбир	159	44	232
Яйцо целое куриное	55	570	157
Шпроты в масле (консервы)	300	72	363
Креветка дальневосточная	100	160	87
Петрушка	245	0	49
Чеснок	180	0	149
Белые сушеные грибы	107	0	286
Курага	160	0	232
Финики	65	0	292
Апельсин	34	0	43
Смородина черная	36	0	44
Шоколад сливочный	181	27	560
Шоколад молочный	352	15	554

(По справочнику «Химический состав российских пищевых продуктов» под редакцией профессора И. М. Скурихина и академика В. А. Тутельяна, Институт питания РАМН)



# Парабены: ставка на безопасность

**С.А.Орлова,  
М.В.Додонов**

Чем сложнее рукотворный мир, тем легче манипулировать сознанием людей, которые имеют весьма поверхностное представление о тех тысячах тысяч веществ и объектов, которые нас окружают. Где незнание или неполное знание, там и страх. Чиновники, политики и журналисты зачастую используют фобии обывателей в собственных интересах. Теперь очередь дошла до парабенов. Эти вещества уже почти сто лет используют в консервировании пищи, и вредны они не более, чем те пресловутые огурцы, которыми питались все люди, родившиеся во Франции до 1839 года и не дожившие до 1969 года.

Противники консервантов умалчивают о том, что их использование в косметике, лекарствах и продуктах питания обязательно, поскольку произведенные без консервантов пищевые, косметические и иные продукты, содержащие воду, хранятся

не более трех суток, а затем непоправимо портятся даже в условиях умеренного климата. При нынешней индустриализации и глобализации пищевой, косметической и фармацевтической промышленности три дня — ничтожный срок.

Однако и те, кто не сомневаются в необходимости консервантов и даже производят их, тоже объявляют войну безопасным, дешевым и действенным парабенам. Зачем? Чтобы протолкнуть на рынок другие классы консервантов, уступающие парабенам по всем статьям, — например, производные тиоизолинона (с торговой маркой Kathon CG).

Понятно, что за любой громкой кампанией стоят чьи-то интересы и, в конечном счете, деньги. Но мы с вами должны позаботиться о своих интересах. А для этого важно понять, действительно ли традиционные и давно известные парабены хороши и безопасны в роли консервантов.

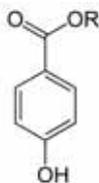
## Кто такие парабены?

Прежде всего давайте вспомним, что такое консерванты. Это вещества, обладающие свойствами бактерицидов и бактериостатиков: первые убивают микробы наповал, вторые оставляют в полуживом виде, но не дают размножаться. Самыми безопасными для организма человека консервантами признаны встречающиеся в природе эфирные масла, салицилаты, бензоаты, парабены и пчелиный прополис.

Парабены — природные производные бензойной кислоты, которая сама по себе известна как хороший консервант уже более четырехсот лет. Впервые ее выделили возгонкой из розного ладана (его еще называют бензойной смолой) в XVI веке. Структуру бензойной кислоты определил знаменитый Юстус

Либих в 1832 году. С химической точки зрения парабыны – это эфиры пара-гидроксibenзойной кислоты (на рисунке R это метил, этил, пропил или бутил):

Давно доказано, что бензойная кислота и ее производные проявляют противомикробную и фунгицидную активность. Еще в 1875 году немецкий физиолог Эрнст Леопольд Зальковский своими исследованиями подтвердил противогрибковые свойства бензойной кислоты, которую, впрочем, уже задолго до этого использо-



вали в консервировании фруктов. Именно благодаря присутствию бензойной кислоты некоторые ягоды не портятся при хранении, например, клюква и брусника. А кору ивы, содержащую салициловую кислоту (тоже, кстати, оксibenзойная кислота, только карбокси-группа находится не в пара-, а в орто-положении), с древнейших времен используют в народной медицине в виде отвара и в виде порошка для лечения ран и ожогов. Салициловую кислоту содержат также ягоды малины, черники, земляники, вишни. К этому же классу химических соединений относится всем знакомый аспирин (ацетилсалициловая кислота), который применяют в том числе для консервации воды, чтобы свежесрезанные цветы простояли дольше. Да и сами парабыны впервые выделили из природных объектов. Например, метилпарабен обнаружили в голубике, которую он защищает от микробов.

Парабыны были открыты в начале XX века, но уже с 1925 года их стали применять для консервирования пищевых продуктов, потому что они оказались значительно более действенными, чем бензойная и салициловая кислоты. Метилпарабен (код пищевой добавки E218), этилпарабен (E214), пропилпарабен (E216) добавляют в хлеб, масло, торты и другие кондитерские изделия. Парабыны можно найти в рыбных консервах, майонезе, других соусах, но намного чаще в косметических препаратах. Для косметических препаратов максимальная возможная дозировка составляет 0.4 % для единичного парабена и 0.8 %, если используют смесь парабенов («Консерванты в косметике и средствах гигиены», Беликов О.Е., Пучкова Т.В. М., Школа косметических химиков, 2003).

В медицине метил- и пропилпарабыны называются, соответственно, «Нипагин» и «Нипазол» — от названия компании «Nira Hardwicke», которая первой внедрила промышленный способ получения парабенов. Их используют для консервирования, например, противовирусной мази «Ацикловир», противовоспалительного средства «Диклофенак», биологически активной добавки «Капилар», для консервирования антиаллергического средства «Гидрокортизон», регенерирующего средства «Хондроксид», сиропа от кашля «Коделак». Скажем, «Коделак-фито» сироп содержит парабыны E 216 (пропиловый эфир пара-оксibenзойной кислоты) – 0,024% и E 218 (метил-4-парагидроксibenзоат) – 0,074%. Противоаллергический «Клиренс-сироп» содержит 0,033% метилпарабенов и 0,017% пропилпарабенов, антимикробная суспензия «Ко-тримоксазол» — соответственно 0,03 и 0,01%. Парабыны входят также в состав «Солкосерил пасты» (для лечения ран и воспалительных процессов слизистой оболочки полости рта).

Список готовых лекарственных средств, содержащих парабыны, можно продолжать до бесконечности. Тысячи лечебных и лечебно-профилактических препаратов в форме мазей, эмульсий, желатиновых капсул, кремов, гелей, настоек, отваров, сиропов, капель для носа и глаз — всё, от чего требуются отсутствие раздражающего действия и быстрый бактерицидный эффект.

Столь широкое использование объясняется тем, что парабыны останавливают рост микроорганизмов разных классов, к которым относятся болезнетворные плесневые грибки, возбудитель молочницы, кишечная палочка, которая может быть не только добрым симбионтом, но и злым возбудителем кишечных заболеваний эшерихиозов; золотистый стафи-

лококк, синегнойная палочка, знаменитая устойчивостью к антибиотикам, и другие.

Итак, говоря языком медицинских справочников, парабыны обладают антимикробной активностью широкого спектра. Широкий спектр действия определяется механизмом действия: парабыны сорбируются на клеточных мембранах микроорганизмов, изменяя их проницаемость, и мешают им усваивать жизненно важные глюкозу и аминокислоту пролин.

## Опасны ли парабыны?

Первый вопрос, на который хотелось бы получить ответ, – а не ядовиты ли парабыны? Не отравимся ли мы этими консервантами, поглощая консервы? Кстати, стоит напомнить, что их доля в пищевых продуктах находится в интервале 0,04–0,10 % и рассчитывается из норм потребления еды так, чтобы суточное содержание парабенов не превышало 10 мг на 1 кг массы тела («Пищевая химия», Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др, под редакцией доктора технических наук профессора Нечаева А.П., Санкт-Петербург, ГИОРД, 2001).

Американский журнал «Cosmetics & Toiletries» для химиков, разрабатывающих новые косметические средства, опубликовал в мартовском номере 2010 года статью Дина Годфри, в которой дан обзор исследований токсичности парабенов, выполненных разными учеными в 1997–2004 годах (<http://www.cosmeticsandtoiletries.com/formulating/ingredient/preservatives/85504452.html>). Исследования на грызунах показали, что парабыны практически нетоксичны. Они быстро всасываются, метаболизируются и выводятся из организма. В результате их распада в организме образуются *p*-гидроксibenзойная кислота (pHBA), *p*-гидроксигиппуровая кислота (M1), *p*-гидроксibenзойный глюкуроид (M3), *p*-карбоксифенилсульфат (M4), чья безопасность для человеческого организма доказана.

Ученые дали ответ и на обвинения в «гормональной» активности этих веществ. Предполагалось, что парабыны действуют подобно женским гормонам эстрогенам, и это людей пугало, потому что все знают о существовании гормонально зависимых форм рака. Эксперименты на животных показали, что парабыны имеют слабую эстрогенную активность, действуя как ксеноэстрогены. В исследованиях *in vitro* эффект бутилпарабена был приблизительно в 100 000 раз слабее эстрадиола и наблюдался при дозах приблизительно в 25 000 раз выше обычно применяемых при консервации продуктов. Результаты исследований *in vivo* еще более впечатляющие: эстрогенная активность парабенов в организмах животных в тысячу раз меньше по сравнению с *in vitro* активностью. Метилпарабен вообще не обладает эстрогенной активностью, а бутилпарабен в концентрации в 4000 большей, чем обычно содержится в косметических средствах, в 100 тысяч раз слабее эстрадиола по своей активности, так что о каких-либо гормональных изменениях в организме под воздействием парабенов в косметике говорить не приходится.

Интересен анализ и другого исследования, поставившего парабыны вне закона среди «зеленых». Авторы исследования





утверждают, что парабены оказывают эстрогенное действие на рыб, вызывая у них различные репродуктивные расстройства. Но если внимательно присмотреться к эксперименту, то выяснится, что парабены вводили рыбам инъекционно, причем в огромном количестве: чтобы получить аналогичную дозу парабенов из воды, рыба должна была бы плавать в чистом шампуне, содержащем 0,3% парабенов. Обычно концентрация парабенов в водоемах не превышает миллиардные (а вовсе не десятые) доли процента.

Несмотря на столь мизерную эстрогенную активность, исследователи принялись изучать влияние парабенов на так называемые гормонозависимые опухоли, в частности, на опухоли молочной железы. И вскоре парабены были обнаружены в раковой опухоли. Наиболее чувствительный удар по парабенам нанесло исследование доктора Филиппы Дарбре в 2003 году, обнаружившей повышенную концентрацию парабенов в 20 образцах тканей, взятых из опухолей груди. Сама по себе такая находка еще не означает, что парабены вызывают рак. Но уж очень легко потребителям представить, как парабены, содержащиеся в дезодорантах, проникают через кожу в кровь и оседают в тканях груди, вызывая злокачественную опухоль.

Немудрено, что эта публикация посеяла настоящую панику, и не одно косметическое средство отправилось прямоком в мусорный бак. Однако некоторые факты до потребителей не дошли. В частности, что дезодоранты обычно не нуждаются в консервантах, поэтому крайне редко содержат парабены. Кроме того, схема данного эксперимента и его чистота неоднократно подвергались критике в научных публикациях, так что обнаружение парабенов в тканях опухоли груди, скорее всего, было ошибкой эксперимента. Дин Годфри также обращает внимание на то, что состав парабенов в исследованных опухолях указывает на их некосметический источник. Дело в том, что в коже уже в первые 24 часа разрушается 30% метилпарабена, в то время как другие парабены разрушаются гораздо медленнее. Однако в нашумевшем исследовании именно метилпарабена в опухолях было больше всего – 62% от общего количества парабенов.

Так или иначе, но прямых доказательств наличия причинно-следственной связи между парабенами и раком так и не было получено. В 2005 году журнал «Critical Reviews in Toxicology» опубликовал обстоятельный анализ всех данных, полученных о парабенах к тому моменту, который выполнили американские и немецкий исследователи Роберт Голден, Джей Ганди и Гюнтер Вольмер. Вывод однозначный: «биологически невозможно, чтобы парабены могли бы увеличивать риск любых обусловленных эстрогенами болезней, включая влияние на мужские половые пути или рак груди» и что «в худшем случае дневное воздействие парабенов представляло бы существенно меньший риск по сравнению с воздействием природных веществ с эндокринной активностью, нативных эндокринных разрушителей в питании, таких как фитоэстроген даидзеин, которые используют в некоторых диетах».

Американское онкологическое общество также сделало вывод: недостаточно научных доказательств для утверждения, что использование косметики, такой как антиперспиранты, увеличивает индивидуальный риск развития рака груди. Дальнейшее системное исследование источников (59 ранних публикаций), предпринятое в 2008 году группой французских онкологов и фармакологов, позволило сделать вывод, который был опубликован в сентябре 2008 года в «Bulletin du Cancer»: использование

дезодорантов/антиперспирантов не является фактором риска для развития рака молочной железы. «В конечном счете, можно утверждать, что этот вопрос не является проблемой здравоохранения, и поэтому бесполезно заниматься исследованиями по данной теме». Опасности не существует.

Недавно, основываясь на научных исследованиях, Европейский комитет по защите потребителей пришел к заключению, что метилпарабен и этилпарабен абсолютно безопасны. В настоящее время продолжается сбор дополнительных данных по бутилпарабену. До получения этих окончательных сведений метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен, изобутилпарабен и бутилпарабен считаются безопасными в качестве компонентов косметических препаратов, в которых суммарная концентрация парабенов не превышает 0,8%.

Все парабены сейчас разрешены к применению в составе косметических средств в странах ЕС, США и даже в Японии, где самое жесткое в мире законодательство в отношении здоровья.

## Есть ли альтернатива?

А может быть, есть достойная замена парабенам? Давайте рассмотрим потенциальных кандидатов на их место.

В первую очередь, это продуценты формалина. Формалин — один из первых консервантов, который применяли в косметике. Он очень дешев, имеет сильное антисептическое действие и обладает (благодаря высокой летучести) уникальным свойством – консервировать не только сам продукт, но и газовую фазу над ним. Но оказалось, что формальдегид токсичен и канцерогенен. Поэтому он запрещен для использования в большинстве стран даже в смявемой косметике. На смену ему пришли DMDM-гидантоин, бреноксол, DOWECIL 200, диазолидинилмочевина и другие – вещества, которые, разлагаясь в водном растворе, дают формальдегид. Бреноксол к тому же может вступать в химические реакции с аминами и амидами, содержащимися в косметических средствах, образуя канцерогенные нитрозамины.

Хлорметилизотиазолинон и метилизотиазолинон – одни из самых мощных консервантов: минимальная ингибирующая концентрация очень мала — 0,2–8 ppm (мг/дм<sup>3</sup>), то есть примерно в десять раз меньше, чем у других известных консервантов. Однако клинические и статистические исследования показали, что эти вещества могут вызывать аллергические реакции, сенсибилизацию и контактный дерматит. Правда, следует отметить, что в клинических исследованиях использовали на порядок большие концентрации консерванта по сравнению с теми, что разрешены в косметике.

Бензоат натрия и сорбат калия – это пищевые консерванты, которые давно используют в косметике и бытовой химии. По цене они еще более привлекательны, чем парабены. Однако их бактериостатическое действие слабое, и спектр микроорганизмов, на которые они воздействуют, узкий.

Относительно недавно на рынке появились новые консерванты – бензил-2-пирролидон-5-карбоксилат (Twister), о-кумен-5-ол (Biosol). К сожалению, сведения об их побочных действиях пока отсутствуют.

И, наконец, «зеленые» консерванты. К этой группе относятся вещества, которые по своей природе не являются консервантами, но, тем не менее, обладают заметным бактерицидным и фунгицидным действием. Это С5-С8 1,2-гликоли, этилгексил-глицерин, 1,3-бутиленгликоль монопропионат. Все эти соединения не токсичны, не проявляют аллергенной активности, но, к сожалению, часто обладают узким спектром действия и их приходится использовать в смеси с другими консервантами.

Похоже, без парабенов нам не обойтись. И это хорошо, потому что парабены проверены временем, основательно исследованы и прекрасно работают в косметике, зубной пасте, пищевых продуктах и лекарствах.



# История мусора

Катрин де Сильги



КНИГИ

**Ж**ителям средневекового города уже было нелегко передвигаться по улицам, тонущим в нечистотах и отбросах. В 2005 году население Земли насчитывало 6,5 миллиарда человек, что в пять раз больше, чем в 1900-м. Демографы предвидят, что в 2050 году человечество вырастет до 8–9 миллиардов, причем большая часть людей соберется в мегаполисах. Они будут выбрасывать все больше и больше отходов. Как переработать и уничтожить мусор? Как снова пустить в ход все ценное? О мусоре и о том, как с ним боролись во все времена, рассказывает в своей книге «История мусора. От Средних веков до наших дней» (М., «Текст», 2011) агроном по образованию и специалист по сельскохозяйственным биокультурам Катрин де Сильги. В основном на примере Франции, что весьма показательно. Ведь если все так не просто даже там, где до сих пор существует развитая сеть «блошинных рынков», сбором и переработкой мусора занимается множество организаций, а предприятия платят специальный налог за утилизацию произведенного ими мусора, то как же грустно дело обстоит в менее цивилизованных странах?

Мы предлагаем читателю некоторые выдержки из этой книги, но советуем прочитать ее полностью, хотя, возможно, некоторые факты покажутся не совсем достоверными.

## Короли преходящи, помои — вечны

В доисторические времена наши предки не удаляли из пещер остатки жизнедеятельности, и те понемногу загромождали жизненное пространство. Приходилось отправляться на поиски новых пещер. После того как нормой стал оседлый образ жизни, принцип «все на улицу» или «все в реку» столетиями оставался в порядке вещей. Отбросы и помои бесстыдно выливали за окно и за дверь.

В средневековых городах узкие и извилистые немощеные улицы, лишённые воздуха и солнца, были залепаны грязью из смеси земли, экскрементов, протухшей воды, бытовых отходов, конского и свиного навоза, птичьего помета. Все это размочало после дождя и превращалось в вонючую жижу. Большинство улочек не располагало ни отхожими местами, ни выгребными ямами, и прохожие справляли нужду везде, где находили для себя удобным. В Париже все это по улицам стекало в Сену, где брали воду водовозы на клячах и пешие водоносы, распределяя драгоценную жидкость для питья по домам. Некоторых качество

воды тревожило, как, например, врача Людовика XIV, который в 1650 году порекомендовал больше не пить воду из реки. Мудрый совет, но как ему последовать, если другой взять неоткуда?

Век за веком города потрясали вспышки сильнейших эпидемий. Основной причиной бед считали душливый запах нечистот. Именно гнилостные испарения обвиняли в том, что от их воздействия распространяется чума, портятся молоко, вино и супы. Старинная боязнь гнилостных ароматов сохранялась и многие годы после того, как Пастер открыл микробную природу заражений.

Короли и представители городской власти пытались избавиться от отходов и издавали указ за указом. Но все попытки упорядочить процесс уборки городских (в частности, парижских) нечистот и оздоровить городской воздух наталкивались на стойкое наплевательское отношение жителей. За неисполнение принятых правил пытались взимать штрафы, сажали в тюрьму, грозили позорным столбом. Не помогало ничего.

Конечно, большую часть продуктов человеческой жизнедеятельности крестьяне вывозили на поля, ведь землю надо было чем-то подкармливать. Вообще между городскими и сельскими сообществами циркулировало большое количество веществ. Их потребности были взаимодополняющими: сельские предместья кормили города, а те, в свою очередь, снабжали соседей удобрениями. Так было до конца XIX века, пока не изменился состав отходов и в моду не вошли минеральные удобрения.

В деле утилизации отходов очень ценились свиньи, которые, согласно результатам археологических раскопок в Китае и Турции, соседствуют с человеком уже десять тысяч лет. В Древнем Китае, Египте и большинстве средневековых городов Европы и Америки свиньи питались уличными отбросами и экскрементами, очищая общественные места и трудолюбиво исполняя обязанности мусорщиков. В таком качестве этих животных использовали чуть ли не до XX века. Отходы, кроме того, периодически вывозили на свалки, расположенные за границами людских поселений. А когда города расширились, то на свалках, скопившихся при жизни предыдущих поколений, строили новое жильё.

Только после открытия Пастером во второй половине XIX века истинной причины болезней и путей их распространения удалось хотя бы отчасти справиться с нечистотами. Представления горожан о чистоте жилищ и улиц постепенно изменялось, а власти все более активно вмешивались в эту область жизни. В



1882 году курс катехизиса в школе даже заменили уроками гигиены. Чистота сделалась долгом гражданина наряду с семейными добродетелями и любовью к труду. В Америке также крепло похожее движение, прославляющее гигиену как средство физического и морального облагораживания. Переломным стал 1883 год, когда префект Парижа Эжен Пубель подписал постановление, которое обязывало домовладельцев обзавестись специальной тарой трех типов для хранения отходов. Одну для веществ, склонных к гниению, другую для бумаги и

тряпок, а третью — для осколков посуды, стекла, горшечной глины. (Кстати, бытовая французская помойка теперь так и называется «пубель», хотя вряд ли префект думал обрести бессмертие именно таким способом. — *Примеч. «Химии и жизни».*)

## Урожай тряпичников

Из века в век те, кому не повезло в жизни, существовали за счет того, что выбрасывают их более зажиточные ближние. Копание в отходах превращается в настоящее ремесло, и в разные времена таких людей называют «лоскутник», «сверлильщик», «тряпичник»... К XIX веку это ремесло процветало, в частности, в Париже и Нью-Йорке, а его тонкости передавали от поколения к поколению.

Старую ткань, с XII века применявшуюся для изготовления бумаги, собирали по всей Европе, и она ценилась очень дорого. Один из английских купцов сетовал, что даже маленькие девочки продают свои тряпочки, требуя за них невероятную цену, чтобы купить новую куклу. В 1771 году вышел указ, который запрещал вывозить из Франции какое-либо старое белье, ткани, знамена. Запрет снимут только через сто лет, когда дерево и солома заменят тряпье в производстве бумаги.

Тряпье сортировали — лен, пенька, хлопок, шерсть, шелк... — на добрую сотню категорий. Некоторые из подобных мастерских закрылись только в 1960 году. Ткань, нарезанная маленькими кусками, превращалась в тестообразную массу, из которой и делали бумагу. Шерстяное тряпье долго использовали для получения нашатыря, нюхательной соли или для производства удобрений, пока в 1830 году не придумали раздирать и чесать старую шерсть, а потом подмешивать ее к новой. Раздирание стало целой ремесленной отраслью. Ценность тряпья определялась тем, что из него можно сделать — шелк, к примеру, был ни на что не годен.

Еще одной золотой жилой были кости, поскольку они давали сырье для многих производств. Их золотой век, как и тряпичного сырья, продлился с 1840 года по 1880-е. Рабочие старательно освобождали кости от мяса и бросали в котлы с кипящим раствором серной кислоты, где вываривали их несколько часов. Получившийся жир шел на свечи, мыло и дешевое масло. Из самых красивых костей вырезали пуговицы, расчески, четки, остовы вееров, ручки ножей или зубных щеток. А еще из них получали желатин, клей, фосфорную кислоту для спичек, вещества, входящие в состав красок и мастик. Вообще-то впервые костный хрящ пытался преобразовать в съедобный продукт еще Папен (Дени Папен, 1647—1712, — французский математик, физик и изобретатель. — *Примеч. «Химии и жизни».*) в 1681 году. Ходит легенда, что английский король Карл II уже готов был согласиться на производство желатина для больницы, но увидел охотничьих собак с привязанным к шее прошением не лишать их любимого блюда. Поэтому желатин начали получать только век спустя...

И конечно же особо ценились свинец, медь, бронза, платина и золото, добытые из позолоченных рам, пробок, битой посуды и металлических коробок. Резиновые трубки для газовых приборов, бретельки, подвязки тонко измельчали, и этот порошок добавляли в новую каучуковую массу. Старую обувь реанимировали и носили дальше, либо разрезали кожу на фрагменты, которые можно было использовать в производстве новой обуви. Остатками пищи откармливали свиней и кроликов.

В официальном рапорте 1903 года улов старьевщиков оценивается в 10—15% от всех хозяйственных отходов Парижа. Половина добычи — это тряпье, бумага, веревки.

Однако в конце XIX века большинство наименований «мусорного ассортимента» обесценилось. Бумагу стали делать из дерева и соломы, лен заменил натуральные волосы, фосфат из естественных залежей — кости. Пуговицы и шахматы стали делать из целлюлоида (его считали первой пластмассой). Но это не означает, что ремесло тряпичника исчезло. Оно существует и часто по-прежнему остается единственным средством выживания в бедных странах.

## Снова многоцветные пеленки

Индустриальная революция усугубила проблемы, связанные с отбросами. Их объем постоянно растет, сократилось время цикла «производство — потребление — выбрасывание». Потребители отошли от веками державшихся традиций — теперь стало принято обновлять одежду по требованию моды, заполнять дома безделушками и часто менять обстановку. Производители предлагают все новые и новые модели бытовых приборов с большим числом функций и свойств, отчего предыдущие быстро устаревают. Теперь вещи не чинят, а выбрасывают и заменяют — зажигалки, ручки, бритвы, носки, часы, кухонные агрегаты, электронные гаджеты. Вещи, прослужив совсем недолго, отправляются в мусорные корзины. В наших обществах изобилия потребление играет уже не только утилитарную роль, оно должно внушать чувство безопасности и подпитывать эмоционально.

Производить для потребления и потреблять ради производства — все это способствует технологическому обновлению последнего и повышению его динамичности. А значит, представляется весьма трудной задачей затормозить увеличение производства и булимическое потребление. Но сейчас, по крайней мере в развитых странах, ситуация понемногу меняется. Нет, никто не возвращается к розливу молока в личные бидоны, но хорошо слышен голос тех, кто предлагает сделать производства безотходными, выбирает долговечную продукцию, чинит вещи, а не выбрасывает их, компостирует у себя в саду органические отходы, пьет воду из-под крана, а не из бутылок... На государственном уровне принимают меры, старые как мир, — «кнут и пряник»: информирование и воспитание, создание необходимого оборудования, законодательное принуждение, финансовые поощрения и штрафы. Усилия энергичных вознаграждаются, например, в Японии годичный объем отходов одного человека на 100 кг меньше, чем во Франции (во Франции каждый житель выбрасывает около 400—500 кг мусора в год, в Америке — 600—700 кг).

Сегодня многие производители прекращают выпуск ненужных упаковок, оптимизируют и облегчают необходимые. Так, стекло становится тоньше — стеклянные бутылки полегли наполовину, бутылки из пластмассы, баночки для йогуртов и лотки для продуктов тоже сильно потеряли в весе (на четверть за десять лет). А вес консервных банок за это время уменьшился на треть. Зубная паста продается без картонных упаковок, продукты — навалом и россыпью...

Бутылки из ПТТ (политриметилтерефталата. *Примеч. «Химии и жизни».*) особенно загромождают мусорные баки. Половину из 8,5 миллиона опорожняемых каждый год во Франции

бутылок ПТТ закапывают в отвалах или сжигают. В 2007 году французы заняли первое место в Европе по потреблению воды, которую расфасовывают в эти бутылки. Санитарные инстанции мечут громы и молнии против кампаний в СМИ, затеянных производителями воды в бутылках — те пытаются доказать, что вода из-под крана вредна для здоровья. Власти уверяют, что вода из крана сегодня — высочайшего качества: ее берут из подземных слоев, обрабатывают и тщательно контролируют. Что до запаха хлора, можно просто дать воде отстояться. В Америке и Европе понемногу входит в моду пузатая бутылка, наполненная из-под крана.

Пластиковый пакет стал верным компаньоном человека. Часть пакетов, которые выдают в магазине, превращается в мешки для мусора, что слегка уменьшает угрызения совести покупателей. Но все-таки их скапливается на кухне куда больше, чем необходимо для опорожнения мусорных ведер. Пластиковые пакеты плохо рвутся на куски и еще хуже разлагаются в природе. Их разносит ветер, и теперь они везде — в лесах, полях, городах, на берегах рек и озер. Эти пакеты иногда забивают дождевые стоки, вызывая катастрофические последствия. В Мали они стали причиной вспышки малярии (застой воды привел к увеличению количества мух и комаров), в Бангладеше вызвали наводнение в 2002 году, в Индии в 1997 году — оползень (пакеты запрудили каналы, мешая стоку дождевой воды).

Сегодня выбор делают даже не столько в пользу биоразлагаемых полимеров и пакетов из них (они тоже гниют несколько месяцев), а в пользу многократно используемых сумок и корзиночек. Ирландия первая пошла по этому пути: в магазинах начали брать деньги за каждый пакетик, после чего их использование понизилось на 95%. В Китае пакеты, прозванные «белой грязью», изгнаны из магазинов с 2008 года.

Некоторые страны уже повторно используют стеклянную и пластиковую тару. В Дании, Финляндии, Германии и Голландии выпускают специальные серии бутылок, в том числе из ПТТ, для многократного использования — потребители потом приносят их в магазин и помещают в специальный автомат. По сравнению с емкостями одноразового использования повторное применение тары дает тройную выгоду: экономию сырья и энергии, сокращение потока отходов и уменьшение загрязнений воздуха и почвы.

До трех лет европейский ребенок снашивает пять-шесть тысяч сменных пеленок и подгузников (на них идет древесина пяти-шести деревьев) и выдает до тонны отходов. Появившиеся в 1960 годах одноразовые пеленки и подгузники пользуются большим успехом, и сегодня это до 6% отходов в западных корзинах. Стоимость «чистой попки», пока ребенок годам к трем не сядет на горшок, — от 1000 до 2200 евро. На свалках пластиковый компонент одноразовых подгузников разлагается несколько десятков лет. Альтернативный выход — стирающийся подгузник, который не имеет ничего общего с былыми пеленками из ткани. Как и одноразовые изделия, он крепится эластичным пояском с липучками, но внутри у него есть биоразлагаемый слой, который собирает все, что выдает ребенок, и может быть даже выброшен в туалет. Сам подгузник стирается. Такие подгузники завоевали немалую популярность в США, Германии, Голландии, Великобритании и Бельгии.

## Сортировать все, а лучше не выбрасывать

В странах Объединенной Европы хозяйственные отходы представляют меньше десяти процентов всех отходов и менее одного процента отходов, опасных для здоровья. Но именно они привлекают больше всего внимания. Каждый год надо куда-то девать 22 миллиона тонн отходов и 6 миллионов тонн громоздких предметов и почвенного суб-



страта (цифры приведены для Франции. *Примеч. «Химия и жизни»*). Чтобы одновременно эвакуировать эти отходы, потребовалось бы по меньшей мере два железнодорожных состава длиной в 14 тысяч километров каждый; то есть когда локомотивы достигнут Шанхая, хвосты составов только-только отъедут от Парижа. В 2007 году около 40% отходов закончили существование на мусоросжигательных заводах, почти столько же на свалках, и всего 20% были переработаны и закомпостированы.

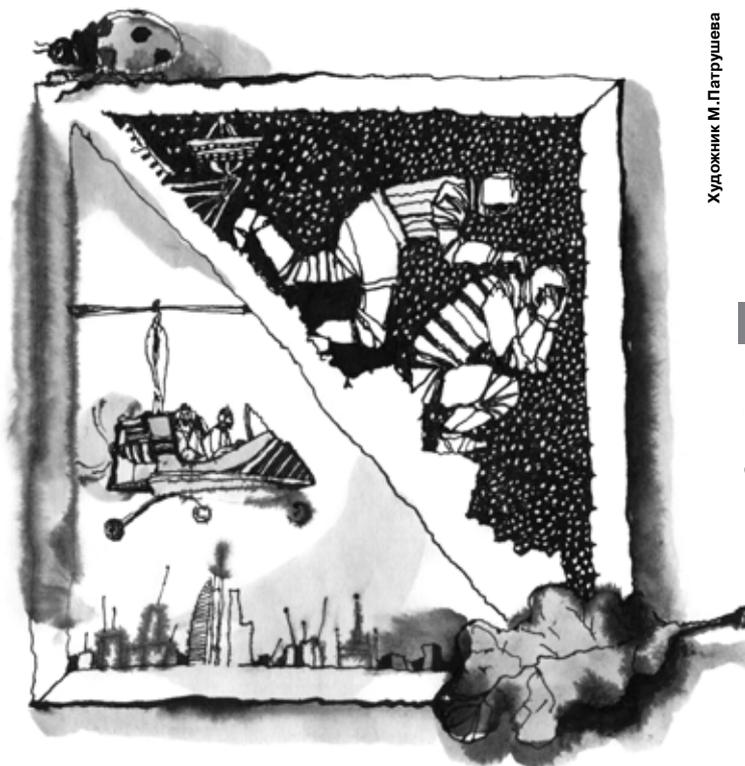
Только рассортировав мусор, можно повторно его использовать в разных производствах. А не использовать повторно невозможно, поскольку объем мусора сегодня растет по экспоненте, а ресурсы планеты ограничены. Долгое время призыв сортировать отходы в отдельные емкости не давал никаких результатов. Сменялись эпохи, а парижане, как ни убеждали их власти, снова и снова уклонялись от этой обязанности. Известно, что указ 1782 года остался мертвой буквой, да и знаменитый указ Пубеля 1884 года не исполнялся. Фактически первый отдельный сбор начался только через 100 лет — в 1974 были установлены первые городские общественные приемники для сбора картона и стекла.

На американском континенте подобные начинания также не давали результатов. В Бруклине, например, в частных домах сортировка мусора была объявлена обязательной, за неисполнение полагался месяц тюрьмы, но жители все равно не делали этого. Тем не менее постепенно в той или иной форме сортировка отходов прижилась во всех развитых странах. Французы сегодня собирают отдельно стекло, пластиковые и металлические упаковки и картон. Можно также выставить на улицу в определенном месте раз в месяц спиленные деревья, старые телевизоры, мебель, металлические бочки и многое другое, и это заберут муниципальные службы. В Германии выделяют до семи категорий отходов, пять из которых забирают прямо на дому, среди них картон, полиэтиленовые пакеты, остатки, подверженные ферментации, объемные отходы.

В последние годы сбор и переработка вторсырья из бытовых отходов вызывают пристальное внимание общества и государства. В результате после многолетних попыток увильнуть от сортировки мусора жители западных городов вынуждены смириться с необходимостью. После первичного отбора дома дело доверяют специальные автоматизированные сепараторы и сортировка вручную — да-да, чтобы получить качественное сырье, пришлось вернуться к ручному труду.

И все-таки лучшие отходы — те, которых нет. Ведь вторичная переработка — не панацея. Общество может и должно производить лучше, а потреблять меньше и иначе. И здесь есть обширное поле для работы.





# Обратная сторона Луны

**Алексей Сапига**

Подготовка к экспедиции завершилась, и я получил короткий отпуск. Еще на подлете к Москве я решил взять аэротакси, чтобы быстрее добраться на противоположную окраину, где жила моя семья. Вскоре я усаживался в кресло маленького прозрачного автожира, который без лишней скромности назывался «Кондор». Пилоту на вид не было и сорока. Лицо загорелое, брови черные, а волосы почти совсем седые.

Меня попросили надеть наушники. Засвистели винты, и «Кондор», прокатившись с десяток метров, легко оторвался от земли.

Бабье лето не успело смениться дождливой осенью, и пространство внизу заполняли золотистые, багряные и даже местами зеленые кроны деревьев, только кое-где уступая место крышам домов. Моя последняя осень на ближайшие три года.

Размышления прервал голос в наушниках: «В первый раз летите?»

— Нет... улетаю далеко и надолго.

Пилот сдержанно кивнул в ответ. Лесопарковая зона сменилась городскими кварталами. Пейзаж потерял свое очарование и не занимал более моего внимания. Я решил проверить свою догадку:

— А вы, случаем, не из военной авиации?

Пилот удивленно посмотрел на меня:

— Почему вы так решили?

— Седина, кажется, необычна для вашего возраста, — осторожно заметил я.

— Я начинал как военный пилот, но потом летал в космос. А седина... результат одной аварии. — И пилот, глянув в мою сторону, изобразил на лице некое подобие улыбки.



НАНОФАНТАСТИКА

Я быстро прокрутил в памяти нештатные события последних лет:

— Это не тот ли случай на обратной стороне Луны, где строился радиотелескоп?

— Тот. А вы откуда знаете? Об этом мало сообщали.

— Имею отношение по работе.

— Так вы летите в космос. Далеко?... На Марс?

Я кивнул головой. Суеверное чувство не позволяло говорить утвердительно.

— А я уже налетался.

— Похоже, вам досталось?

— Не то слово.

— Кажется, там погибли четверо и вы долго ждали помощи?

Пилот молчал и смотрел вперед по курсу. Потом спросил:

— А вы бывали на той стороне Луны?

— Нет. Но много налетал на орбите.

Мы уже миновали небоскребы делового центра. Теперь внизу проплывали серо-голубые петли Москвы-реки. Таксист, не поворачивая головы, медленно сказал:

— Знаете... Обратная сторона Луны... совсем не тот космос, откуда видно Землю.

— А что, между видимой и обратной стороной есть разница?

— Да! Причем огромная! Я раньше работал на этой стороне, и все было нормально, а вот там... тяжело выдержать даже несколько месяцев.

— А в чем это проявляется?

— Что-то связанное с психикой. Даже опытные космонавты на той стороне Луны начинают как-то... чудить.

— Авария случилась по этой причине?

— Взорвались кислородные баллоны. Но вы же понимаете — баллоны сами не взрываются.

— Диверсия?

— Нет. Я подозреваю суицид. Но дело замаяли.

— Странно... Есть и более простые способы покончить с жизнью. Особенно в космосе.

— Я же говорю, что люди на той стороне начинают чудить. Я это на себе чувствовал. Одиночество и тоска преследуют постоянно. Как будто что-то обрывается... Легко можно потерять над собой контроль.

— Луна экранирует психическую связь с Землей?

— Нет, не считайте меня... — Пилот покрутил пальцем у виска. — Я сам не верю в эти глупости. Но Земля на лунном небосводе влияет на людей положительно.

— Как Луна в полнолуние? Она тоже действует на людей по-разному.

— Земля сильнее.

— Резонно. — Я подумал о предстоящем полете и спросил: — А Марс? Там же люди годами живут, не видя Землю.

— Я думал над этим. Судите сами: на той стороне Луны ничего вокруг не видишь, кроме унылой серой равнины и отдельных камней поблизости, а над всем этим Солнце, которое две недели медленно ползет по звездному небу. Потом две недели только одно звездное небо.

— Сенсорное голодание?  
 — Нет. — Пилот помолчал и что-то переключил на пульте автопилота. Впереди на горизонте уже замаячили высотки Зеленограда. — Все-таки Марс похож на Землю. Возьмите любую пустыню — чем не Марс?  
 — Небо голубое.  
 — А на Байконуре, когда дует «афганец», не то что неба, ничего вокруг не видно.  
 — В пустыне встречается растительность.  
 — Вот! Но в пустыне растительности мало. А ведь люди там живут веками. Да и на Марсе уже кое-что растет.  
 — По-вашему, на этой стороне Луны люди постоянно видят Землю, а на Марсе все почти как в земной пустыне. Поэтому космонавтам легче психологически.  
 — Наверно, так, — согласился пилот.  
 Я вспомнил прочитанный некогда роман и сказал:  
 — Белое безмолвие.  
 — Скорее серое безмолвие днем и черное ночью, — поправил пилот.  
 Мы замолчали. Я смотрел на город и пытался вспомнить, что еще знал о том случае.  
 — Вас спасли не сразу. Как же вы продержались?  
 — Реголит и топливные элементы нам помогли. — Видя мой непонимающий взгляд, пилот пояснил: — После взрыва нам с трудом удалось закрыть отсеки. Трое погибли, чтобы

спасти остальных. Но тем, кто выжил, было не легче. Дышать уже тяжело. От углекислоты приборы зашкаливают. Нам оставался час от силы. В общем... такие дела. Михалыч, геолог, сообразил. Реголит очень пористый, там есть окись титана и другие катализаторы. Короче, был шанс, что получится адсорбент для углекислоты. Мы из пластиковых бутылок соорудили что-то типа поглотительного патрона — слои реголита и ткани. Благо Михалыч насобирал образцов. Смотрим, индикатор пошел вниз. Полегчало. Но кислород в отсеке все равно кончается...

— И что?  
 — Так мы и кислород получили. Электролизом. Включили аварийную батарею топливных элементов в реверсном режиме на разложение воды. Кислород пустили прямо в отсек.  
 — А водород? Он же выделяется при электролизе.  
 — Собирали в наши пустые скафандры, потом через поврежденную при взрыве магистраль стравливали в космос. Я уважительно покачал головой, но подробнее расспросить не успел. «Кондор» начал снижаться.  
 Под ногами шуршали желтые листья, и мне подумалось, что для человека нет лучшего места во Вселенной, чем Земля.



**Наталья Будур**  
 Нансен: Человек и миф  
 М., Игра слов, 2011

**Ф**рицьоф Нансен — норвежский путешественник, ученый, дипломат и политический деятель. Символ мужества, воли и гуманизма. Нансен — символ самой Норвегии. И все же многое о нем неизвестно нашим современникам. Например, Нансен был еще и выдающимся биологом...



**Сост. В. А. Демус**

Энциклопедический справочник:  
 Самые необходимые научные данные и факты в одной книге  
 Харьков-Белгород, Книжный клуб «Клуб Семейного Досуга», 2011

**Э**то настоящая мини-библиотека в помощь школьнику, студенту и любознательному читателю. В доступной форме изложены самые важные и интересные факты, самые свежие данные из разных областей знания.



# Московский Дом Книги

## СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

**Ричард Уотсон**

Файлы будущего:  
 история следующих 50 лет  
 М., Эксмо, 2011



**А**нализируя более 40 главных тенденций, влияющих на изменение политики, науки и техники, рынка финансовых услуг, здравоохранения, СМИ, транспорта, розничной торговли, туристического бизнеса и стиля питания, Уотсон показывает нам увлекательную картину ближайших 50 лет.

Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.  
 Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,  
 тел. (495) 789-35-91  
 Интернет-магазин: [www.mdk-arbat.ru](http://www.mdk-arbat.ru)

# Навигационные приборы насекомых

Доктор технических наук,  
профессор  
**Н.В.Селезнева**

Насекомые — одни из древнейших животных на земле. Они пережили разнообразные катаклизмы, но их органы чувств успешно выдержали испытания. Не все насекомые активно маневрируют в воздушном пространстве, среди них много нелетающих видов, однако крылатые насекомые — бабочки, стрекозы, жуки, двукрылые (мухи, комары) и др. — летают мастерски. Некоторые бабочки могут совершать даже межконтинентальные перелеты. При этом их траектории из года в год остаются теми же: вдоль рек, через горные перевалы, через острова в морях и океанах, и останавливаются они на одних и тех же деревьях, пещерах, склонах холмов. Ареалы обитания летающих насекомых — одни из самых обширных среди животных (в относительных единицах). Скорости полета — рекордные: до 15 000 длин собственного тела в минуту (относительная скорость самолета Ту-104 в два-три раза меньше). А значит, летающие насекомые должны обладать высокоразвитыми органами пространственной ориентации и навигации.

Когда природа создавала летающих насекомых, «техническое задание» было сложным само по себе и вдобавок содержало требования, противоречащие друг другу. С одной стороны, управление полетом требует большого объема информации: необходимо измерять линейные и угловые скорости и ускорения движения тела, динамические параметры воздушной среды, фиксировать картину пролетаемой местности. С другой стороны, насекомые — существа миниатюрные, их подъемная сила и вместимость хитинового «фюзеляжа» очень невелики. Было найдено оригинальное решение: все чувствительные органы летающих насекомых вынесены за пределы их тела, внутри располагаются только средства обработки информации.

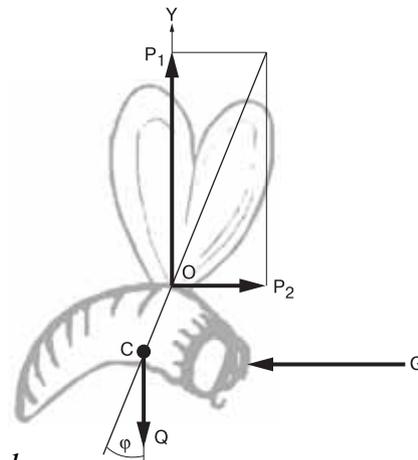
Статья продолжает тему, начатую в № 5 («Вибрационная картина мира»)

## Летающий маятник

Изменять линейные ускорения необходимо не только для управления полетом, но и для определения направления вертикали. Последнее очень важно: не умея определять вертикаль, невозможно ориентироваться в околоземном пространстве.

Тело насекомого устроено так, что в полете центр его масс находится ниже места прикрепления крыльев: фактически это маятник, подвешенный на крыльях (рис. 1).

Показанные на схеме силы приложены к разным точкам тела насекомого: подъемная сила  $P_1$  и тяга  $P_2$  — к месту сочленения крыльев, вес  $Q$  — к центру масс. Точка приложения сопротивления среды зависит от конфигурации тела и в общем случае с центром масс не совпадает. Сила тяги крыльев и сопротивление среды поворачивают тело-маятник насекомого против часовой стрелки относительно точки подвеса, отклоняя его от вертикали, а сила веса действует в противоположном направлении. (Понятно, что вращающее действие зависит не только от величин этих сил, но и от длины маятника.) Когда силы уравновешивают друг друга, тело насекомого отклоняется от истинной вертикали на угол  $\varphi$ .



1  
Измеритель линейных ускорений летающего насекомого: точка  $O$  — место прикрепления крыльев,  $C$  — центр масс тела насекомого, ось  $OY$  — направление истинной вертикали,  $P_1$  — подъемная сила крыльев,  $P_2$  — сила тяги крыльев,  $Q$  — сила веса,  $G$  — сила аэродинамического сопротивления среды

В местах крепления крыльев у насекомого имеется несколько групп рецепторов, которые одним концом связаны с основанием крыльев (местом подвеса), другим — с грудной клеткой. Каждая группа рецепторов аналогична измерительному преобразователю с направленной чувствительностью, который реагирует на строго определенные отклонения тела-маятника.

Это означает, что у летающих насекомых чувствительный элемент, реагирующий на силовые воздействия, — их собственное тело. У быстро маневрирующих и высокоскоростных насекомых, таких как двукрылые и стрекозы, голова — самая тяжелая часть тела — соединяется с туловищем при помощи своего рода штифтового сочленения с фиксатором. Перед полетом он жестко закрепляет положение головы

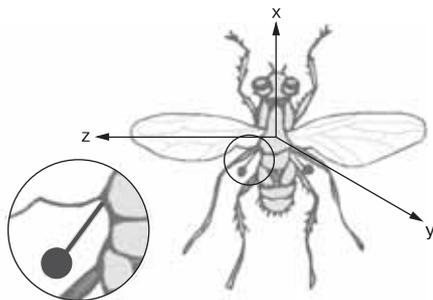
## Как работают жужжальца

Когда насекомое ползает, специальные мышцы раскачивают инерционное тело, как маятник, и оно колеблется с небольшой амплитудой в вертикальной плоскости. Во время полета встречный поток воздуха увеличивает амплитуду колебаний. Частота колебаний инерционного тела определяется только его собственными свойствами (массой тела и длиной упругого подвеса) и не зависит от параметров движения насекомого.

Поскольку инерционная масса колеблется, у нее возникает знакопеременный вектор кинетического момента  $H$ , направленный перпендикулярно к плоскости колебаний (рис. 3). Чтобы понять, какую роль играет кинетический момент в работе жужжальца, проведем такую аналогию. У обычного физического тела «мужской характер»: оно перемещается в направлении действия силы. Тело, обладающее кинетическим моментом, приобретает «женский характер»: оно всегда сопротивляется и «перечит» действующей силе. Эти поперечные реакции называются прецессией.

Когда насекомое начинает поворачиваться с угловой скоростью  $\omega_1$  вокруг оси  $A-A$ , оно заставляет вибрирующее

относительно тела так, что центр масс смещается вниз. Длина «маятника» увеличивается, и чувствительность измерителя повышается.



2  
Вибрационный гироскоп насекомого — жужжальца. Чувствительный элемент гироскопа — плотное округлое тело, которое крепится с помощью тонкого упругого стебелька к грудной клетке насекомого

## Гироскоп

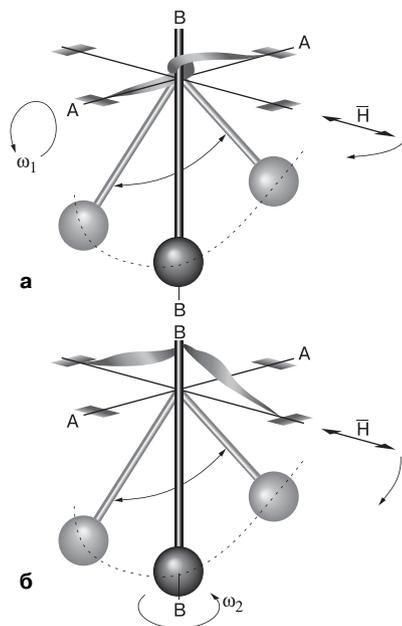
Для измерения угловых скоростей и ускорений летающие насекомые используют гироскопические эффекты. Принцип действия гироскопа основан на том, что при вращении тяжелой массы или ее вибрации на упругом подвесе у нее резко увеличивается инерционность и она приобретает новое свойство — так называемый кинетический момент. В случае вибрационного гироскопа плоскость вибрации массы ста-

билизируется кинетическим моментом независимо от движений точки подвеса. Гироскопы широко применяются в технике именно для того, чтобы измерять изменения углов ориентации тела, а также скоростей и ускорений объектов.

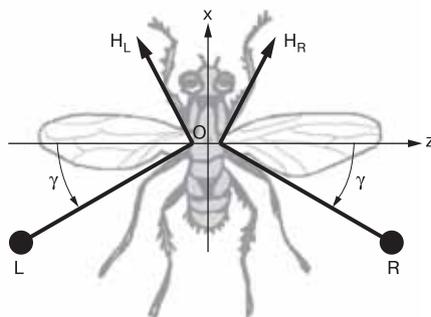
У маломаневренных жуков функцию гироскопов выполняет пара ножек, которые в полете вибрируют под действием мышц. Для увеличения кинетического момента перед полетом каждая ножка захватывает по тяжелой песчинке. Однако высокоманевренные насекомые имеют специальные органы чувств, предназначенные только для измерения вращающихся движений — жужжальца (рис. 2).

Гироскопический орган чувств насекомых сам по себе достаточно прост и малоинформативен — каждое жужжальце воспринимает только две из трех проекций вектора угловой скорости. Однако наличие пары жужжалец и их определенное размещение на теле позволяет летающему насекомому получить полную информацию об углах поворота во всех трех плоскостях — о тангаже (покачивании «от головы к хвосту»), крене (покачивании крыльями) и рысканье (поворотах вокруг вертикальной оси).

Измерители линейных и угловых ускорений (то есть тело-маятник и жужжальца) физически воспроизводят — как



3  
Жужжальце реагирует на вращение тела летающего насекомого: а — когда насекомое поворачивается вокруг оси А-А с угловой скоростью  $\omega_1$ , жужжальце прецессирует вокруг оси В-В (то есть плоскость колебаний поворачивается); б — насекомое поворачивается вокруг оси В-В с угловой скоростью  $\omega_2$ , и жужжальце поворачивается вокруг оси А-А (плоскость колебаний отклоняется). Упругие деформации жужжальца фиксируются рецепторами в его основании



Каждое жужжальце — это двумерный датчик, но два жужжальца, расположенные под углом друг к другу, позволяют насекомому получить трехмерную картину полета

жужжальце вращаться вместе с собой. Однако кинетический момент жужальца сопротивляется и действует «поперек», то есть прецессирует (поворачивается) вокруг оси В-В. При этом плоскость вибрации жужальца повернется на угол, пропорциональный угловой скорости вращения тела насекомого.

При развороте насекомого вокруг оси В-В с угловой скоростью  $\omega$ , плоскость вибрации жужальца вместе с его кинетическим моментом поворачивается вокруг оси А-А.

Повороты плоскости вибрации жужальца вызывают упругие деформации в основании стебелька, которые воспринимаются двумя парами измерительных



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

говорят в авиации, моделируют — две главные оси навигационной системы координат, относительно которой происходит управление полетом. Маятниковый измеритель линейных ускорений задает вертикаль места — направление, по которому устанавливается маятник на неподвижном относительно Земли объекте. А вибрационный измеритель угловых скоростей обеспечивает стабилизацию выбранного направления движения в горизонтальной плоскости — так называемое движение по заданному курсу. Совместная работа этих органов чувств у насекомых по своим функциям идентична курсоверткалям, которая имеется на всех самолетах, — она также определяет направление истинной вертикали и курсовой угол полета.

преобразователей. Их оси чувствительности перпендикулярны кинетическому моменту жужжальца и направлены по осям А-А и В-В соответственно. Таким образом, жужжальце имеет две оси чувствительности и определяет две проекции угловой скорости движения насекомого на эти оси.

Однако для решения задач управляемого полета необходимо определять три составляющие угловой скорости полета относительно главной системы координат тела XYZ. В этой системе отсчета ось X соответствует продольной оси симметрии тела насекомого, ось Y направлена вертикально вверх, ось Z — вбок, перпендикулярно плоскости XOY (рис. 4).

Для этого у насекомого имеются два одинаковых жужжальца — левое L и правое R. Их кинетические моменты  $H_L$  и  $H_R$ , а значит, и оси чувствительности повернуты на угол  $\gamma$  зеркально симметрично относительно продольной оси его тела. Следовательно, два жужжальца — это два двумерных датчика, развернутые друг относительно друга. Чтобы определить три составляющие угловой скорости  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  и необходимые для «пилотирования» углы поворота — крена  $\alpha_x$ , рыскания  $\alpha_y$  и тангажа  $\alpha_z$ , — нервная система насекомого формирует комбинации различных и суммарных сигналов левого и правого биодатчиков.

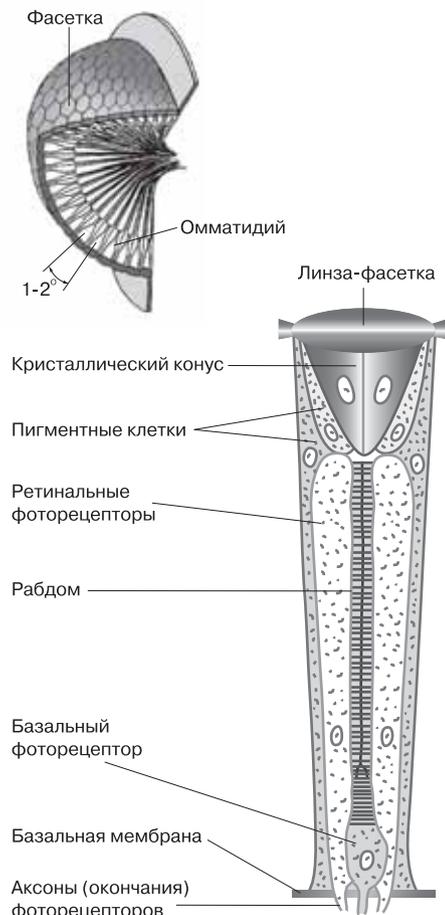
## Глаз насекомого

В отличие от позвоночных, у которых светочувствительные оболочки глаз вогнутые и погружены внутрь головы, у насекомых органы зрения вынесены за пределы тела и имеют выпуклую форму.

Фасеточные глаза насекомых сложены из мельчайших шестигранных конусов — омматидиев (рис. 5). Измерительная ось омматидия нормальна к поверхности полусферы глаза. Углы между осями соседних омматидиев составляют  $1-2^\circ$ . В глазу насекомого насчитывается от нескольких сотен до 20—30 тысяч омматидиев. Больше всего их у стрекоз: с их стремительностью и блестящими летными качествами им необходимы самые совершенные органы зрения. Поле обзора каждого глаза приближается к полусфере, а иногда бывает и обширнее.

Каждый омматидий — это отдельный глазок, автономный приемник светового излучения. Он имеет все необходимое для направления светового потока, получения изображения, настройки и регуляции. За обработку видеoinформации отвечают специализированные нервные структуры.

Улавливает световой поток выпуклая шестигранная линза-фасетка. Размеры



5  
Глаз насекомого. Внизу — строение омматидия

фасеток у различных видов насекомых варьируют в пределах 15—40 мкм, и они прозрачны для широкого спектра излучений, в том числе для ультрафиолета (250—700 нм). Фасетка, как хрусталик в глазу человека, фокусирует световое излучение на поверхности находящегося под ней элемента — кристаллического конуса. Он состоит из четырех симметрично расположенных клеток, которые подобно волоконно-оптическому усилителю концентрируют световой поток и направляют его на торец световодного каналца — рабдома.

В рабдоме происходит первичная обработка светового излучения и его распределение по фоторецепторам. Ретинальные фоторецепторы, собранные в пучок вокруг рабдома, вырабатывают нервный сигнал, пропорциональный интенсивности света. Базальный фоторецептор находится в конце рабдома. Он обладает способностью «привыкать» к сигналу с постоянной интенсивностью, то есть реагирует только на изменения интенсивности. В зависимости от вида насекомого и от того, в какой части глазной полусферы находится омматидий, в нем может быть 4—12 ретинальных фоторецепторов. Базальный фоторецептор, как правило, один, реже их два.

Установлено, что ретинальные клетки обладают различной спектральной чувствительностью — каждый из них реагирует на определенный цвет. Омматидии у разных насекомых воспринимают от двух до четырех длин волн излучения. Например, у рабочей пчелы, летающей за нектаром, есть четыре типа ретинальных фоторецепторов с максимальной чувствительностью к волнам длиной 340, 430, 460 и 530 нм, а трутни воспринимают только три длины волн — 340, 450 и 530 нм.

Единичный омматидий не получает изображения видимой картины, он только улавливает световой поток с небольшого участка окружающего пространства, определяет его среднюю интенсивность (яркость), цвет, а также плоскость поляризации. (Способность насекомых определять направление поляризации света помогает им ориентироваться, когда солнца не видно на небосклоне — оно еще не взошло, уже село или закрыто облаками. Свет, идущий от солнца, не поляризован, то есть его фотоны имеют произвольную ориентацию. Однако, проходя через атмосферу, свет поляризуется в результате рассеивания молекулами воздуха, и при этом плоскость его поляризации всегда направлена на солнце.) Изображение формируется в результате совместной обработки выходных сигналов всех омматидиев глаза.

Инженеру, изучающему устройство глаз насекомых, видно, что в них ис-

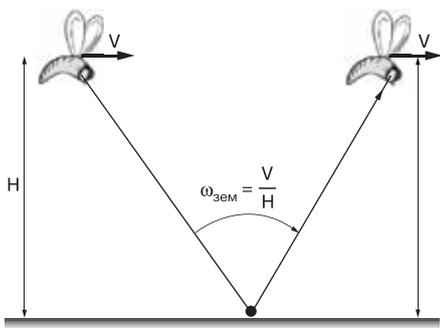
пользуется множество хитростей, позволяющих повысить эффективность зрительного восприятия. Например, пигментные клетки в омматидии поглощают попадающий в них свет, закрывая ему прямой доступ в фоторецепторы. Нижняя часть омматидия также заполнена гранулами пигмента, которые образуют на выходном торце рабдома «оптическую пробку», препятствующую выходу непоглощенного света из рабдома. Все это снижает уровень помех.

Кроме того, базальные фоторецепторы должны отличаться по своим динамическим характеристикам от ретинальных. Об этом говорит их способность адаптироваться к постоянному по интенсивности световому воздействию. Как показали исследования автора, суммирование в определенных пропорциях выходных сигналов рецепторов, обладающих разными динамическими свойствами, позволяет скомпенсировать их инерционность и повысить быстроту восприятия (подробнее см. в книге «Навигационная бионика» В.П.Селезнева и Н.В.Селезневой, М., «Машиностроение», 1987). То, что подобная операция происходит в глазах насекомых, очевидно. Ведь процессы распада зрительного пигмента под воздействием излучения и формирование

## Направление на цель

Поясним, как и зачем насекомое производит корректировку вертикали (рис. 7). Глаза у насекомых (в отличие от позвоночных животных) неподвижны относительно головы, а голова во время полета, как уже говорилось, жестко соединена с телом. Поэтому и каждый отдельный омматидий, и центральные оси глаз сохраняют постоянные углы с продольной осью головы.

Оптические оси глаз  $CD_1$  и  $CD_2$  симметрично развернуты относительно продольной оси головы на углы  $\delta_1$  и  $\delta_2$ . Маятник М насекомого определяет направление вертикали и служит началом отсчета углов визирования ориентиров. Левый глаз воспринимает поток светового излучения от ориентира под углом  $\delta_1$ , правый — под углом  $\delta_2$ . Нервная система насекомого, обрабатывающая сигналы фоторецепторов, выявляет пару омматидиев, которые получили одинаковые по интенсивности и спектральным свойствам излучения, а, значит, восприняли сигнал от одного и того же ориентира. Величины углов  $\delta_1$  и  $\delta_2$  определяются по угловой ориентации этих омматидиев — как мы помним, другие омматидии, чьи оси чувствительности не совпадают с направлением лучей, на них не реагируют. Очевидно, что  $\delta_1 = h + \gamma$ , а  $\delta_2 = h - \gamma$ , где  $h$  — угол визирования ориентира относительно



6  
Получение зрительной информации в полете

нервного импульса требуют времени. Однако зрительное восприятие насекомых обладает быстродействием, намного превышающим аналогичные реакции человека. Попробуйте поймать муху, и вы убедитесь в этом.

Омматидии у всех видов высокоманевренных насекомых устроены сходным образом, однако конкретная реализация зависит от образа жизни каждого вида. У насекомых, летающих при ярком дневном свете, конус омматидиев высокий, фоторецепторы находятся глубоко внутри, на самом дне конуса, изолирующая оболочка полностью поглощает падающие на нее лучи. Свет в каждый приемник попадает узким лучом, только через его собствен-

ную фасетку. Углы обзора омматидиев в центральной части глаза минимальны (около  $1^\circ$ ), а по краям глаза увеличиваются до  $3^\circ$ . Такое строение глаза ограждает его измерительные структуры от мощных воздействий солнца и яркого фона неба.

У насекомых, совершающих полеты при слабом освещении, омматидии короткие. Конусы их обзора одинаковы во всех участках глаза. Фоторецепторы располагаются близко к наружной оболочке, а изолирующая оболочка тонкая и пропускает лучи, прошедшие сквозь другие омматидии, — это обеспечивает чувствительность к слабым световым сигналам.

Помимо фасеточных глаз у насекомых есть еще три простых глазка диаметром  $0,03\text{--}0,5\text{ мм}$ , которые располагаются в виде треугольника на лобно-теменной поверхности головы. Эти глазки не приспособлены для различения объектов и служат для определения «ноль-сигнала» — начала отсчета яркости. Они измеряют усредненный уровень освещения пространства, который при обработке зрительных сигналов используется в качестве меры. Если заклеить насекомому эти глазки, оно сохраняет способность к пространственной ориентации, но летать сможет только при более ярком

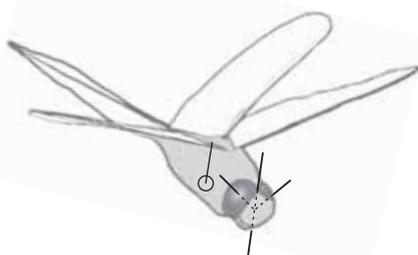


## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

свете, чем обычно (в  $2\text{--}4,5$  раз ярче, смотря по тому, сколько глазков блокировано). Причина в том, что заклеенные глазки принимают за «средний уровень» черное поле и тем самым задают фасеточным глазам более широкий диапазон освещенности, а это соответственно снижает их чувствительность.

## Скорость и резкость

Когда насекомое летит над землей, она движется относительно его глаза с угловой скоростью (рис. 6). Чтобы объект на земной поверхности можно было увидеть и распознать, время воздействия излучения от этого объекта на фоторецепторы омматидиев должна превысить время экспозиции глаза. При

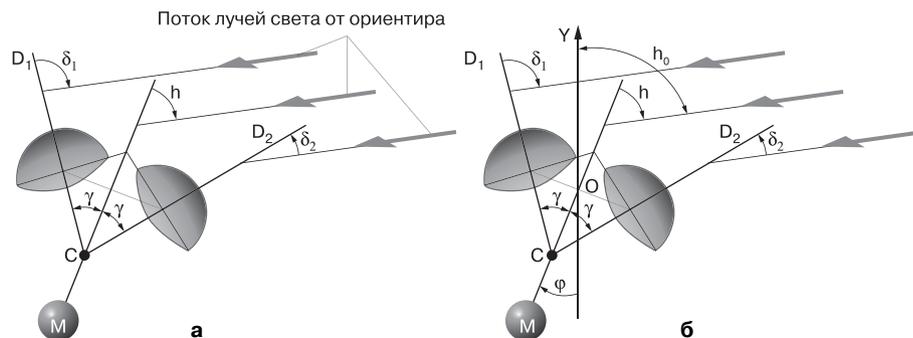


7  
Измерение угла визирования ориентира  $h$  (а) дает его значение относительно маятниковой вертикали тела. Чтобы определить угол с истинной вертикалью, необходимо ввести поправку на отклонение маятниковой вертикали от истинной (б)

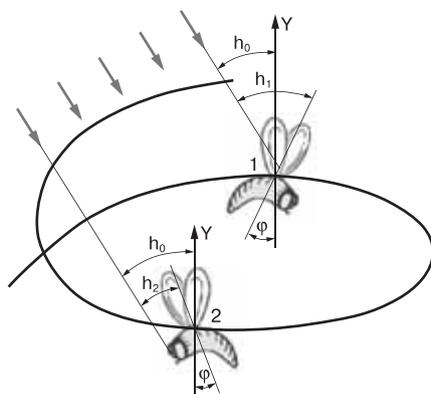
маятниковой вертикали. Суммарный сигнал левого и правого глаза позволяет определить  $h$ .

Однако измеренный угол  $h$  визирования отличается от своего истинного значения  $h_0$ , и причина тому — угол  $\varphi$ , отклонение маятниковой вертикали. Чтобы исключить погрешность, прежде чем определять направление на цель, необходимо измерить угол. Насекомое может сделать это с помощью измерителя линейных ускорений, описанного в начале статьи, выполнив вираж.

Известно, что осы, вылетая из гнезда и возвращаясь к нему, совершают маневр, изображенный на рис. 8. Насекомое летит по круговой траектории, сохраняя стабильными параметры движения — подъемную силу, угол атаки, силу тяги и



8  
Оптическая коррекция маятниковой вертикали



8  
Оптическая коррекция маятниковой вертикали

скорость. (Кстати, аналогичный маневр было предложено применять летчикам, чтобы повысить точность посадки в сложных условиях, например на палубы судов.) При таком режиме полета угол  $\varphi$  сохраняется неизменным.

Можно предположить, что во время виража зрительные аппараты насекомого измеряют углы  $h_1$  и  $h_2$  визирования ориентира (например, Солнца) в двух диаметрально противоположных точках траектории 1 и 2. На результаты измерений  $h_1$  и  $h_2$  погрешность определения вертикали влияет по-разному: в угол  $h_1$  она входит со знаком «+», а в угол  $h_2$  со знаком «-», поэтому сравнение углов  $h_1$  и  $h_2$  позволяет определить и запомнить угол  $\varphi$ .

При изменении условий полета (например, силы и направления ветра) угол также изменится. Насекомое может повторить маневр и определить его значение для новых условий.

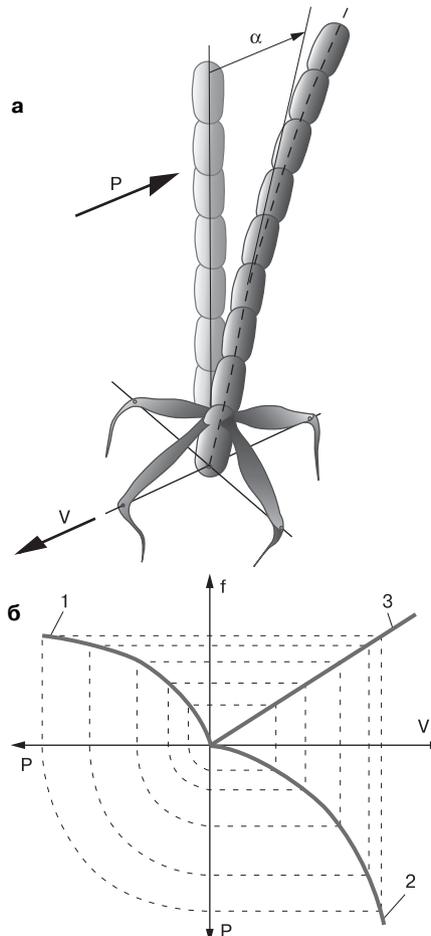
увеличении скорости  $V$  или уменьшении высоты полета  $H$  угловое движение наземных объектов относительно глаза насекомого возрастет до такой степени, что фоторецепторы не будут успевать воспринимать их изображения — видимая картина местности «соляется». (Вспомните, как приятно рассматривать лес на горизонте, видимый из электрички, и какой смазанной выглядит близкая стена тоннеля, когда поезд въезжает в него.)

Это значит, что для летящего насекомого существует максимальная угловая скорость, при которой его глаз еще способен воспринять отдельные элементы на земле. Значение этой скорости зависит от угла обзора омматидия и от времени его экспозиции. Поэтому для одних и тех же режимов полета (высоты и скорости) чем больше угол обзора омматидиев, тем лучше и полнее восприятие световых сигналов. Но с другой стороны, чем меньше поле обзора омматидия, тем более мелкие (по угловым размерам) объекты сможет обнаружить и распознать насекомое.

Следовательно, к зрительному аппарату насекомого предъявляются противоречивые требования: для увеличения разрешающей способности необходимо уменьшать угол обзора омматидиев, а для увеличения области скоростного различия — увеличивать. Это противоречие природа решила следующим образом: у быстро летающих насекомых, таких как стрекозы и двукрылые, основания омматидиев имеют эллиптическую форму. Большая ось эллипса направлена вдоль продольной оси тела насекомого, то есть в направлении полета.

Фасеточная структура глаз насекомых упрощает решение отдельных задач навигации и управления полетом. Например, чтобы выдерживать определенное направление в азимуте, достаточно сохранять изображение ориентира в поле зрения одного омматидия, а для полета по заданной траектории необходимо лететь так, чтобы изображения ориентиров попадали на омматидии в определенной последовательности.

Чем меньше размеры наблюдаемых объектов и больше скорость полета, тем жестче будут и требования к точности измерений параметров движения. В полете органы зрения насекомого жестко фиксируются относительно тела, и взаимная ориентация измерительных осей омматидиев и тела-маятника сохраняется постоянной в течение всей его жизни. Это существенно упрощает задачу преобразования видимой глазу картины в горизонтальную систему координат, моделируемую телом-маятником насекомого.



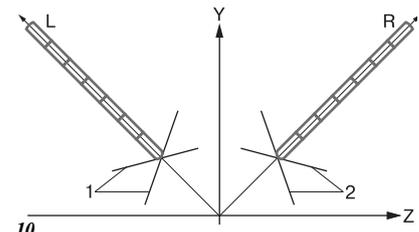
9 *Аэрометрическая антенна насекомого: принцип действия (а) и статическая характеристика (б)*

Однако маятниковые вертикали имеют существенный недостаток: они не чувствуют истинного вертикального направления, а устанавливаются по направлению результирующей активных сил (см. начало статьи). В полете маятник всегда отклоняется от истинной вертикали, а значит, насекомое не может обеспечить необходимую точность пространственной ориентировки, если не выполнит коррекции.

## Полет при сильном ветре

О ветре мы пока еще не сказали почти ничего, а это очень важный аспект. Все летающие насекомые имеют органы чувств, определяющие скорость движения в воздушной среде, силу воздушного напора, углы атаки, сноса и прочие параметры, необходимые для успешного «пилотирования». Известны два типа органов чувств летающих насекомых, реагирующих на воздействия воздушной среды: аэрометрические антенны и аэродинамические датчики.

Аэрометрические антенны обеспечивают насекомых информацией о скорости движения относительно воздуха (так называемой воздушной скорости, которая тем больше отличается от скорости относительно земли, чем сильнее ветер). Принцип действия этого органа



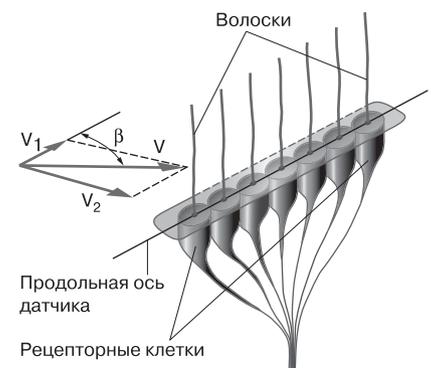
10 *Расположение измерительных осей аэрометрических антенн*

чувств основан на эффекте рычага. Его упрощенная схема представлена на рис. 9. Антенны, украшающие головы насекомых, с технической точки зрения представляют собой жесткие членистые стержни, снабженные упругими рецепторными элементами, которые реагируют на изменение расстояния между точками их крепления.

При полете насекомого с воздушной скоростью  $V$  (в направлении стрелки) под действием скоростного напора антенна отклоняется на угол  $\alpha$  и растягивает упругие рецепторы, которые вырабатывают сигналы  $f$ , соответствующие углу отклонения антенны.

Аэродинамическое сопротивление антенны зависит от ее наветренной площади. С увеличением напора воздуха антенна изгибается, ее наветренная площадь уменьшается, и это вызывает уменьшение сопротивления. Поэтому зависимость угла  $\alpha$  наклона антенны от напора воздуха нелинейна (кривая 1 на рис. 9б). Но динамическое давление  $p$  воздуха нелинейно зависит от воздушной скорости движения насекомого  $V$  (кривая 2). Таким образом, частота  $f$  выходного сигнала рецепторов антенны пропорциональна воздушной скорости насекомого (прямая 3).

Каждая антенна насекомого, как и жужжальце, имеет две оси чувствительности, а значит, воспринимает только две проекции вектора воздушной скорости полета. Для обеспечения насекомого полной информацией о воздушной скорости у него имеется пара антенн, оси чувствительности которых развернуты зеркально-симметрично относительно продольной плоскости

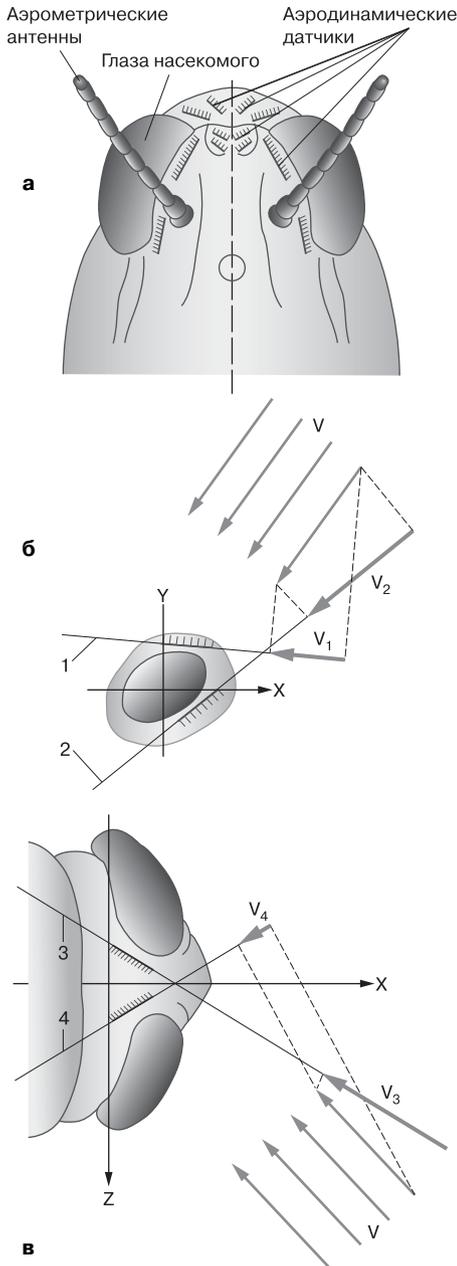


11 *Аэродинамический датчик насекомых*



головы (рис. 10). Суммарные и разностные сигналы рецепторов левых и правых датчиков позволяют определить каждую из трех составляющих вектора воздушной скорости  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ .

Аэродинамические датчики располагаются на поверхности головы насекомого и так же, как и антенны, реагируют на воздушную скорость полета. Однако нежные волоски аэродинамических



12  
Расположение аэродинамических датчиков на голове летающего насекомого (а). Боковые аэродинамические датчики с измерительными осями 1 и 2 вырабатывают сигналы, пропорциональные составляющим  $V_1$  и  $V_2$  скоростного потока, а комбинация их суммарно-разностных сигналов дает информацию об угле атаки (б). Еще одна пара датчиков в верхней части головы, с измерительными осями 3 и 4, воспринимает составляющие скоростного потока  $V_3$  и  $V_4$ . Их суммарно-разностные сигналы обеспечивают насекомое информацией об угле сноса

датчиков более чувствительны, чем жесткие стержни антенн, а значит, определяют воздушные параметры в другом диапазоне. Кроме того, аэродинамические датчики имеют иной принцип действия, чем антенны, что позволяет взаимно компенсировать погрешности измерений и повысить точность управления полетом.

Датчик (рис. 11) состоит из пластины, покрытой упругими чувствительными волосками. Принцип действия этого органа чувств основан на эффекте автоколебаний. В основании каждого волоска имеется рецепторная клетка, реагирующая на изменение частоты вибрации волоска (однако не на статические отклонения).

В полете на волоски действует встречный поток воздуха, направленный в общем случае под углом  $\beta$  к продольной оси датчика. Волоски изгибаются, натягиваются и вибрируют, причем в направлении продольной оси колебания волосков гасятся из-за их трения между собой. А в плоскости, перпендикулярной ряду волосков, возбуждаются автоколебания (с частотой собственных колебаний волоска). Чем больше скорость движения воздуха относительно тела насекомого, тем больше изгибаются и натягиваются волоски, и в результате частота их собственных колебаний увеличивается. Следовательно, частота поперечных автоколебаний волосков соответствуют величине скоростного напора  $V_1$ , — той составляющей вектора скорости, которая направлена вдоль продольной оси пластины.

На голове насекомого имеются несколько пар аэродинамических датчиков (рис. 12). Каждая пара расположена зеркально-симметрично под некоторым углом к продольной оси головы и снабжает насекомое специфической информацией об относительном движении воздушной среды. Такое большое количество датчиков обеспечивает высокую избыточность измерений, а тем самым увеличивает их надежность.

Итак, подведем итоги. Летающие насекомые обладают весьма развитой системой органов чувств, которые полностью обеспечивают их информацией, необходимой для пространственной ориентации и целенаправленного управления полетом. В этой статье рассмотрены далеко не все навигационные «средства измерений», которыми обладают эти существа. Помимо датчиков поляризованного света у насекомых есть датчики химических сигналов и электродинамические «природные маяки».

Читатель, очевидно, обратил внимание, что у насекомых все «навигацион-

ные средства измерений» парные: два глаза, два жужжальца, два усика и т. п. И что очень важно, все эти парные датчики зеркально-симметрично развернуты относительно друг друга в трех плоскостях! Такое расположение датчиков заметно усложняет обработку результатов измерений. Зачем же природа пошла на такие ухищрения? Дело не только в том, что пара двумерных датчиков (как в случае жужжалец) дает информацию о трех измерениях. Оказывается, при таком расположении парных датчиков можно достоверно определить, в каком измерителе произошел отказ, и заблокировать его. На самолетах и космических летательных аппаратах с этой целью используют три, пять, а в особо ответственных случаях и семь одинаковых датчиков. При этом их измерительные оси располагают параллельно друг другу. Такой состав датчиков позволяет обнаружить факт отказа, но достоверно выявить, какой именно измеритель вышел из строя, не удастся. Поэтому приходится браковать весь комплект датчиков. Как видно, природа сумела успешнее решить задачу обеспечения надежности!

Органы чувств насекомых, размещенные на поверхности тела, подвергаются всевозможным негативным воздействиям окружающей среды, а следовательно, помимо миниатюрности, обладают еще и высокой прочностью и простотой. Эти удивительные приборы представляют большой интерес для инженеров-кибернетиков, как и нейронные структуры, обрабатывающие информацию. Они малы по объему, но выполняют сложнейшие задачи с высокими точностью, быстродействием и помехоустойчивостью.

Заметим напоследок, что устройство измерительной системы насекомых по отдельным признакам соответствует составу пилотажно-навигационного оборудования, использующего воздушное счисление пути и звездно-солнечные ориентаторы с маятниковой коррекцией. Такими комплексами были оснащены самолеты 50—70-х годов.



# Крыса нюхает кота

Кандидат  
биологических наук  
**Н.Л.Резник**

Фото: Борис Частоколенко (Фотобанк Лорри)

*Некоторые научные исследования можно уподобить хронической инфекции. Протекают они вяло, практически бессимптомно, но раз в несколько лет сверкнут результатом, поразят публику и снова затихнут. Так неспешно пережевывают биологи интереснейшую тему — влияние внутриклеточного паразита *Toxoplasma gondii* на поведение своего хозяина.*



## Бессимптомная болезнь с тяжелыми последствиями

Токсоплазма — простейшее со сложным жизненным циклом, который состоит из половой и бесполой стадий и проходит со сменой хозяев. Основной хозяин — домашняя кошка, реже другие представители семейства кошачьих. Только в стенках тонкого кишечника кошки токсоплазма размножается половым путем и образует яйца (ооцисты), которые выходят во внешнюю среду с фекалиями. Ооцисты сохраняют жизнеспособность в течение двух лет. Ими заражаются люди и любое животное, съевшее что-либо испачканное кошачьими экскрементами. В первую очередь это растительоядные: коровы, овцы, свиньи, грызуны. Конечно, достается и людям — постоянным спутникам котов. Ооцисты попадают также в организмы кошек и других хищников.

Оказавшись в организме нового хозяина, паразиты в его кишечнике высвобождаются из оболочки ооцисты и проникают в ткани, где интенсивно делятся. Клетки, окруженные оболочкой, образуют мелкие цисты, рассеянные по всему организму, но в основном сосредотачиваются в мозгу. Цисты живут долго, иногда лет десять, пока не умрет промежуточный хозяин, однако достойно завершить жизненный цикл половым

процессом они не могут — для этого необходима кошка. А попасть в кишечник кошки из тканей промежуточного хозяина можно одним путем: через ее желудок, если зверь съест мясо, зараженное цистами.

У человека множество шансов заразиться токсоплазмозом. Источником инвазии могут оказаться грязные руки или овощи, содержащие цисты мяса, молоко и яйца. Ооцисты проникают через конъюнктиву, слизистую оболочку носа, глотки или верхних дыхательных путей либо через кожу, паразит может попасть в организм в результате переливания крови и трансплантации органов.

В подавляющем большинстве случаев инфекция протекает бессимптомно, люди даже не подозревают о том, что инфицированы. Но иногда симптомы проявляются. Если пациенту повезет, он отделается повышенной температурой, головной болью, увеличением лимфатических желез и печени. В более тяжелых случаях токсоплазмоз поражает сердце, глаза, нервную систему и другие органы, возможны слепота и паралич. Особенно опасен токсоплазмоз у беременных, потому что паразиты передаются от матери плоду, могут вызвать его гибель или тяжелые поражения нервной системы новорожденного, иногда смертельные. Животные болеют так же: чаще бессимптомно, реже

тяжело. Вполне естественно, что токсоплазма и цикл ее развития привлекают внимание и биологов, и врачей, и ветеринаров.

В этом сложном цикле с множеством персонажей можно выделить двух основных участников, не считая *T. gondii* конечно: кошку и крысу. Почему именно крысу? А чье еще мясо может съесть кошка, чтобы заглотить цисты, не корову же ей задрать. Однако эта встреча категорически невыгодна обоим. Крыса не горит желанием быть съеденной, а кошка, будь у нее выбор, предпочла бы добычу, не обремененную паразитом. Из школьного курса биологии мы знаем, что хищники уничтожают в первую очередь слабых и больных, но промежуточные хозяева токсоплазмы обычно не слабее прочих. Паразитом постоянно заражено примерно 35% крысиной популяции, это много, но все же вероятность встретить здоровое животное выше. На первый взгляд ситуация складывается явно не в пользу токсоплазмы, но паразит, оказывается, ее контролирует.

## Эта странная тяга к котам

Грызунам свойствен врожденный страх перед кошачьим запахом. Почуввав его, они стараются как можно скорее убраться подальше. Однако крысы, инфицированные токсоплазмой, становятся легкомысленно любопытными. Вместо того чтобы бежать со всех лап с помеченного котом места, они стремятся подольше там задержаться. При этом все прочие аспекты крысиного поведения остаются в норме.

Одними из первых на этот феномен обратили внимание специалисты Оксфордского университета под руководством Мануэля Бердоа. Еще в 90-е годы прошлого века ученые установили, что токсоплазмоз вызывает у крыс всплеск исследовательской активности и притупляет свойственный грызунам страх перед всем новым. Обе эти особенности увеличивают шансы крысы попасть кошке на зубок. В 2000 году исследователи проверили реакцию крыс на главную страшилку их жизни — кошачий запах.

Исследователи работали с гибридами лабораторных капюшонных крыс, которые ведут себя почти как дикие, и самцов, пойманных на английских фермах. Гибриды в данной ситуации предпочтительнее, поскольку еще не утратили своих естественных привычек, а их история и инфицированность находятся под контролем исследователей. Животные, использованные в эксперименте, изначально были свободны и от токсоплазмы, и от прочих паразитов. Сейчас *T. gondii* выращивают в лабораториях в культивируемых клетках млекопитающих, и в распоряжении исследователей всегда есть цисты для заражения животных.

Тридцать два самца крысы инфицировали лабораторным штаммом токсоплазмы (по 20 цист на крысу), 32 незараженных грызуна выступали в качестве контроля. Все животные были одинаково активны. По ночам их помещали в ящик размером два на два метра, дно посыпали белым песочком, который после каждого эксперимента убирали вместе со всеми запахами. Перегородки внутри ящика делили его на 16 ячеек. В углах исследователи размещали пахучие метки, обычные в крысином гнезде: влажную соломенную подстилку (нейтральный запах); солому, пахнущую крысой, или подстилку, смоченную неразбавленной мочой кота или кролика. Кролик — животное для крыс привычное и для них не опасное, поэтому его запах использовали как контроль. Ученые регулярно меняли местами метки, чтобы крысы не привыкли к их расположению, и в каждой пахучей области размещали корм и воду, закрытые прозрачными пластиковыми крышечками. Иными словами, биологи создали лабораторный конфликт: вот вам еда, ее прекрасно видно, но кое-где, судя по запаху, поблизости кот.



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

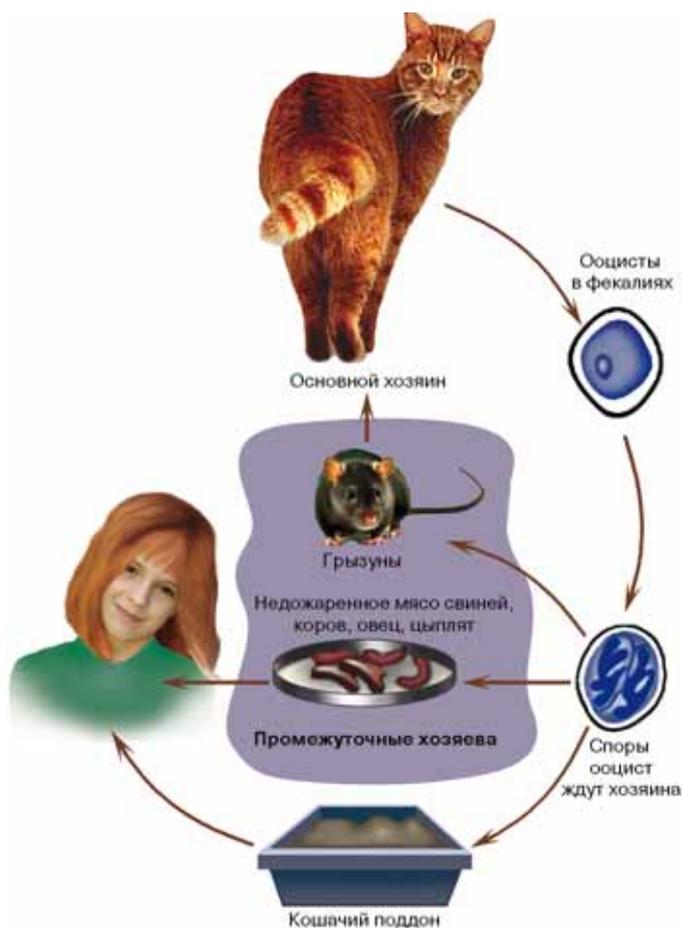
Ночью на едва освещенной площадке без людей крысы чувствовали себя свободно, а исследователи фиксировали их поведение и проанализировали 670 часов видеозаписи. Оказалось, что инфицированные и неинфицированные животные практически одинаково реагировали на запахи крыс, кроликов и чистой подстилки. При этом предпочтительным для них оказался родной аромат, на втором месте — кроличий, и в меньшей степени их привлекала простая солома. Число посещений соответствующих меток за ночь составило 25—27, 16—17 и 14—15. Однако по отношению к кошачьему запаху все обстояло иначе. Здоровые крысы рискнули сунуться в опасные углы раз двенадцать (еда же видна), а инфицированные — около двадцати.

Влияние токсоплазмы заметнее среди особей с более высокой исследовательской активностью. Если сравнивать семерку самых любопытных из каждой группы, то неинфицированные демонстрировали стойкое избегание «кошачьих» углов, а инфицированные — явное предпочтение.

Паразиты, которые гнездятся в мозгу, могут изменять поведение животного в силу своего местоположения, или разрушая клетки, в которых живут, или выделяя какие-то вещества, влияющие на деятельность этих клеток. Их эффект будет зависеть от места локализации и степени разрушения. Но в данном случае речь не идет о случайном побочном результате инфекции, потому что поведение зараженных крыс изменилось выборочно: они перестали шарахаться от кошачьей мочи, и только. Их исследовательская активность, отношения между собой и к другим, не кошачьим запахам, остались прежним. Эксперименты оксфордских ученых косвенно свидетельствуют о том, что у крыс с токсоплазмозом действительно больше шансов стать добычей кота, чем у здоровых грызунов. Точный ответ дали бы опыты с участием котов, имитирующие охоту, однако их никто не проводил. Это сложно с практической точки зрения и некрасиво с этической, сокрушаются исследователи.

## Зри в миндалины

Но куда больше ученых волнует, каким образом *T. gondii* может столь избирательно влиять на поведение промежуточного хозяина. Размышляя об этом, оксфордские исследователи вспомнили эксперименты своих канадских коллег. Специалисты Мемориального университета Ньюфаундленда блокировали у крыс рецепторы к глутамату, регулирующие поведение и память (NMDA-рецепторы). После этого животные расхрабрились, в том числе перестали пугаться кошачьего запаха. NMDA-рецепторы находятся в миндалине — одном из участков головного мозга, расположенном внутри височной доли. Она участвует в формировании эмоций как положительных, так и отрицательных; от ее состояния зависит возникновение депрессий и фобий. Может быть, влияние токсоплазмы связано с их действием на миндалину? На этот вопрос, заданный в 2000 году, стали искать ответ лишь спустя семь лет. Эстафету подхватили американские биологи Стэнфордского университета (Калифорния) из



Жизненный цикл токсоплазмы

лаборатории нейробиолога Роберта Сапольски. Он, кстати, родился в СССР, в Америку его увезли родители. Ученым предстояло прежде всего выяснить, существуют ли в мозгу участки, в которых концентрация цист *T. gondii* больше, чем в других областях, и если есть, то не миндалина ли это? Исследователи использовали токсоплазму со встроенным геном фермента люциферазы. Когда обездвиженным животным вводили пигмент люциферин, он начинал светиться под действием люциферазы, а исследователи измеряли поток фотонов, исходящий от паразитов, с помощью специальной камеры и определяли их локализацию в теле крысы. Так ученые убедились, что *T. gondii* собираются преимущественно в мозгу грызунов, спустя 3 недели перестают делиться и инфекция переходит в хроническую стадию. Все животные, как зараженные, так и нет, чувствовали себя одинаково хорошо, за время эксперимента никто не отошал. Более точную локализацию токсоплазмы в мозгу таким методом определить нельзя, но, допустим, это миндалина. Она выполняет многие функции, и если *T. gondii*, находясь в ней, действует неспецифически, то инфекция должна повлиять на разные аспекты поведения крыс. Этот вопрос ученые исследовали досконально. Начали они, естественно, с теста на запахи, который немного отличался от британского. Самцов крыс испытывали на круглой арене диаметром 75 см, условно разделенной на 4 сектора. В один из секторов помещали пористый керамический диск, который 2 недели пролежал в крысиной клетке и пропитался родным запахом. На два других диска капали по 20 капель неразбавленной мочи рыси или кролика. (Мочу закупали у оптовых производителей, ни одна рысь лично в эксперименте не участвовала.) Четвертый сектор оставался непомятым. За каждым животным на-

блюдали в течение часа и убедились, что нормальные крысы избегают сектора с рысей меткой. В нем они проводили в два раза меньше времени, чем в кроличьем (10% и 23%). Инфицированных крыс запах рыси, напротив, притягивал (16% и 9% времени соответственно). Ученые протестировали таким образом не только самцов крыс, но и самок мышей, только не на большой арене, а в прямоугольном ящике поменьше. Конечно, логичнее было бы проверить поведение и самок, и самок обоих видов, но оставим выбор объектов на совести исследователей. Мыши вели себя так же, как и крысы: зараженные токсоплазмой животные переставали шарахаться от диска с рысей мочой, совершенно адекватно реагируя на другие запаховые метки.

Роберт Сапольски и его коллеги приняли во внимание, что хищник пахнет не только мочой. Поэтому грызунам предложили другое испытание: ошейник, носимый кошкой в течение месяца, или полотенце, на котором этот ошейник потом лежал двое суток. В качестве альтернативы на арену выкладывали такие же, но чистые предметы. Оказалось, что ошейник или ткань, пропахшие кошачьей шерстью, представляют для крыс более сильные раздражители, чем моча рыси, поскольку как инфицированные, так и неинфицированные грызуны старательно их избегали. Мыши реагировали не столь бурно: контрольные самки выказали к пахучему ошейнику умеренное отвращение, но животных, зараженных токсоплазмой, он привлекал.

Запах хищника — не единственный кошмар в жизни потенциальной жертвы. Крысы, например, могут бояться удара током. Не хочу описывать, как их запугивали, но этот ужас в полной мере испытывают и животные, зараженные токсоплазмой. В начале нынешнего века биологи полагали, что токсоплазма оказывает антитревожное действие и может пригодиться при создании новых анксиолитиков, но, похоже, они ошибались.

Еще один типичный страх — это боязнь всего нового на фоне тяги к нему. Вы еще не забыли опыты Бердоя? Положив пахнущую котом метку рядом с едой, он поставил грызунов перед нелегким выбором. Так же маются животные, которым предлагают пищу вроде бы съедобную, но странно пахнущую. Хорошо бы ее попробовать, но боязно — вдруг отравлена. Смелых обычно меньшинство, однако если кто-то отведал непривычную еду и остался жив, остальные следуют его примеру. Такому испытанию подвергли мышей, но *T. gondii* не повлияла на страх грызунов перед новой пищей или новыми запахами. Инфицированные животные вели себя так же, как свободные от инфекции: только четверть голодных животных соглашалась есть корм с примесью кардамона; три четверти выбирали из двух диковинных блюд, пахнувших кардамоном или какао, то, которое уже попробовала одна из мышей. Причем ела она не на виду у подруг, а в одиночестве, но после еды, в общей клетке ее дыхание благоухало, допустим, кардамоном, и другие мыши, когда приходил их черед выбирать, тоже предпочитали кардамон, отвергая какао.

В последнем случае речь идет не просто о конфликте между осторожностью и любопытством, а о социальном поведении, за которое ответствен гиппокамп. Этот отдел мозга, как и миндалина, тоже контролирует эмоциональное восприятие, и известно, что активность в его зубчатой извилине повышается у крыс, которые чуют запах хищника. А еще от состояния гиппокампа зависит способность к пространственному обучению. Эту способность исследователи проверяли уже не на мышах, а на крысах, которых испытывали в водном лабиринте Морриса — бассейне с непрозрачной водой. Вылезти из него животные не могут, и им приходится плавать, пока они не найдут «мель» — установленную на дне платформу, на которой можно передохнуть. В мутной воде ее не видно, но крысы могут запомнить расположение платформы и в следующий раз плыть прямо к ней. И прекрасно запоминают, как с токсоплазмой, так и без.

## Токсоплазма — властитель умов?

И что же у нас получается? Влияние токсоплазмы специфично, поскольку она подавляет лишь один вид страха — страх перед хищником, и изменяет реакцию мышей и крыс на единственный запах, а не на все запахи вообще. Все остальные проверенные аспекты поведения, связанные с функционированием гиппокампа и миндалин, у грызунов, инфицированных *T. gondii*, остаются в норме. Поскольку мыши и крысы с токсоплазмозом не только перестают бояться аромата кошачьей мочи, но начинают испытывать к нему повышенный интерес, речь, по мнению Сапольски и его коллег, идет не о пассивном поведенческом эффекте, а об активной манипуляции, которую осуществляет паразит. Тут американцы, вслед за британцами, вздохнули о невозможности прямых экспериментов с котами.

Судя по производимому эффекту, *T. gondii* действительно вмешивается в работу миндалин — врожденное отвращение к кошачьим феромонам контролируют именно они, к тому же концентрация цист в этих областях в два раза больше, чем в других отделах мозга. Но в миндалинах происходят многие процессы, и, влияя на один, легко нарушить другие. Удивительно, что этого не произошло. Почему? Стэнфордские биологи попробовали определить, какие именно группы нейронов мозга работают у здоровых и инфицированных крыс, когда они нюхают кота, и недавно опубликовали следующую статью, которая наделала шума в средствах массовой информации.

Район мозга, в котором сконцентрированы цисты токсоплазмы, ответствен за врожденные предпочтения и избегания: не только за страх перед хищником, но и за влечение к противоположному полу — удаление миндалин его снижает. Ученые исследовали влияние паразита на оба аспекта поведения. Прежде всего они опять взялись за ароматические тесты. Над клеткой, где сидели инфицированные и неинфицированные самцы крыс, укрепляли на 20 минут бумажку, смоченную мочой рыси, или, опять-таки на 20 минут, подсаживали за перегородку самку в состоянии эструса. Самцу она была недоступна, но он хорошо ее видел и чувствовал запах. Затем исследователи определяли, какие именно группы нейронов в крысином мозгу возбуждаются при этих испытаниях.

Научная этика своеобразна. Нельзя допустить естественной встречи крысы с котом, подвергая грызуна съедению, а хищника — инфицированию. Но в лабораторных условиях крыс можно заражать, возбуждать, пугать, а потом готовить срезы их головного мозга. На этих срезах исследователи выявляли группы активно работающих клеток с помощью иммунологических реакций на белок c-Fos. Этот белок синтезируется во время активной работы нервных клеток, поэтому его уровень часто используют как непрямой маркер активности нейронов.

В норме любовь и страх — это две разные реакции. Когда крыса их испытывает, у нее активизируются разные области гипоталамуса и миндалин. На запах самки инфицированные и здоровые самцы реагируют одинаково, у них возбуждаются одни и те же группы нервных клеток. А когда им дают понюхать мочу рыси, то у крыс обеих групп них включается другой стандартный нервный путь. Однако у животных, зараженных токсоплазмой, помимо «пути испуга» дополнительно активируется и та группа нейронов в миндалине, которая ответственна за половое влечение. И возбуждение в этой области так сильно, что пересиливает страх и удерживает инфицированную крысу рядом с пугающим запахом. Она обнюхивает кошачью мочу, вместо того чтобы бежать из этого места со всех лап, как полагается всякому благоразумному грызуну.

Конкуренция влечения и страха, конечно, впечатляет, но сама работа вызывает вопросы. Почему экспериментаторы не использовали для регистрации активных групп нейронов электроды или другие прямые методы? Почему не провери-



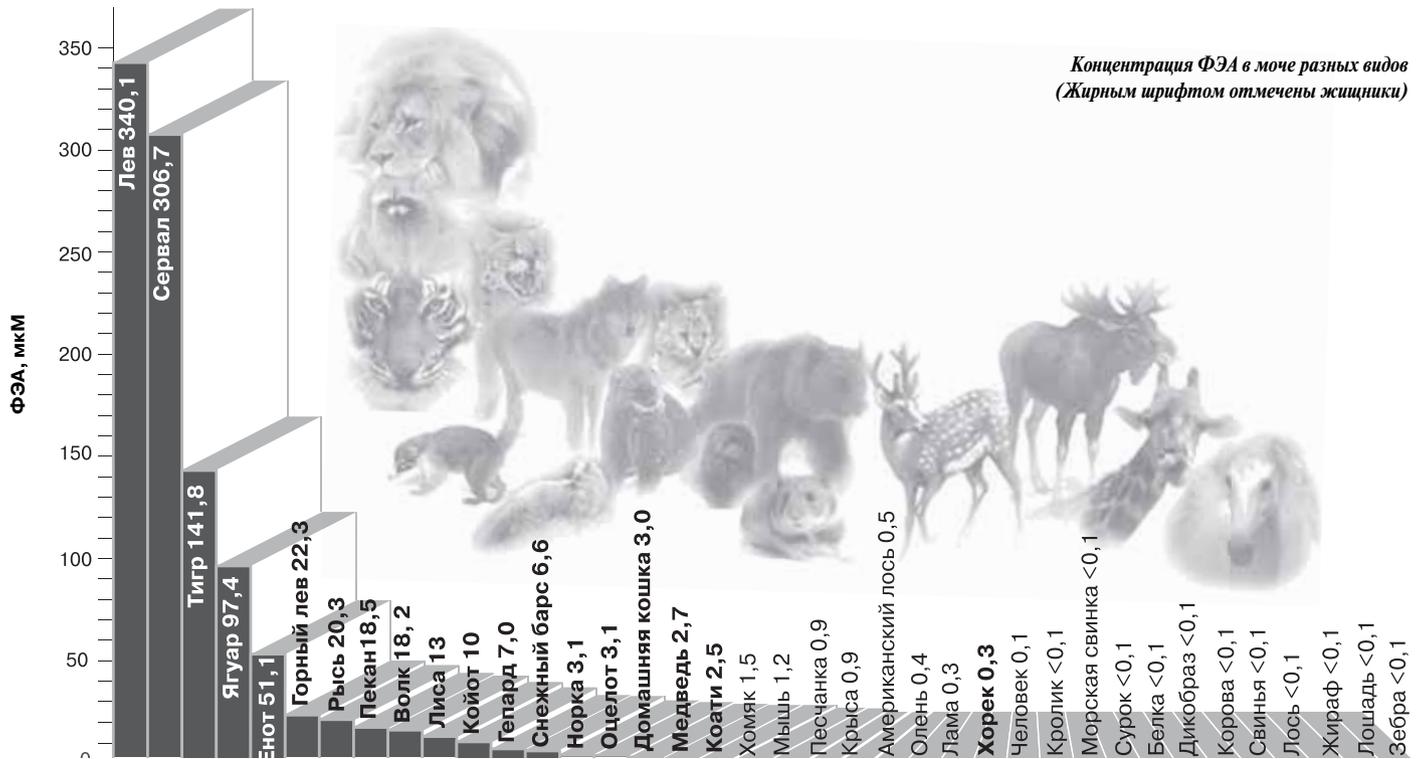
### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ли, как обстоит дело у самок? Кроме того, на синтез белка требуется время, поэтому содержание c-Fos определяли спустя полтора часа после обонятельного сеанса. За это время многое могло произойти. И если токсоплазма действительно может оказывать столь тонкое влияние на мозг, то каков механизм этого действия? Возможно, лет через пять исследователи ответят на некоторые из этих вопросов, а может, будут действовать оперативнее.

Только не думайте, что *T. gondii* — единственный паразит, влияющий на нервную систему. Есть и другие. Например, мыши, зараженные простейшими *Eimeria vermiformis*, тоже перестают пугаться запаха кошачьей мочи, а нематода *Toxocara canis* ослабляет присущий этим грызунам страх перед всем новым. Правда, этот же паразит вызывает двигательные нарушения, так что в данном случае об активной избирательной манипуляции поведением говорить не приходится.

Изучая поведение грызунов, люди почти всегда имеют в виду себя любимых. И что же получается — если паразиты управляют поведением крыс, то и на наше могут повлиять? Никто не возьмется безусловно утвердительно ответить на этот вопрос. Но вот некоторые факты. Среди шизофреников инфицированных *T. gondii* в несколько раз больше, чем среди здоровых людей. Например, в Мексике соответствующие показатели составляют 29 и 9%. Биолог из Калифорнийского университета Кевин Лафферти проанализировал данные об уровне токсоплазмоза в разных странах и психическом здоровье населения. За людей исследователь взялся, удивившись распространенности *T. gondii* среди океанской фауны: токсоплазмозом болеют даже морские выдры, поскольку кошачьи фекалии попадают в воду. Оказалось, что токсоплазмоз распространен по планете неравномерно. В среднем паразитом инфицировано около трети населения Земли, но показатель зараженности в разных странах колеблется: в Бразилии, например, он приближается к 70%, а в Южной Корее чуть больше 4%. Доктор Лафферти пришел к выводу, что в странах с высоким уровнем токсоплазмоза чаще встречается невротизм в разных проявлениях. Конечно, огромную роль играют культурные особенности и другие факторы, и токсоплазма — лишь один из них, но его влияние несомненно. Правда, анализ затрудняет то обстоятельство, что мужчины и женщины по-разному реагируют на паразитов. По данным Лафферти, инфицированные женщины более интеллигентны, законопослушны, степенны и добросовестны, внимательны и участливы, в то время как зараженные токсоплазмой мужчины менее интеллигентны, более рефлексивны и грубы, они стоики, более возбудимы и легко расстраиваются. (Оставим эти выводы на совести ученого.)

Влияние *T. gondii* на психику народов еще ждет тщательного исследования, однако интересно было бы проверить, не управляют ли *T. gondii* поведением тех личностей, которые держат в городских квартирах множество котов. Родные бегут из дома, соседи жалуются, а им хоть бы что, и характерного кошачьего запаха они как будто и не чувствуют. Нет необходимости пояснять, как такой образ жизни способствует репродуктивному успеху токсоплазмы.



## Универсальность и специфика

Роберт Сапольски и его команда обмолвились, что крысы с хроническим токсоплазмозом тяготеют только к кошачьей моче, а запах собачьей их по-прежнему пугает. Хотя псы и опасны для грызунов, они в отличие от котов не могут обеспечить токсоплазме половой процесс, поэтому не интересны паразиту. Столь избирательная регуляция выглядит довольно странно, особенно в свете работ биологов Гарвардской медицинской школы в Кембридже (США) под руководством Стивена Либроза. Эти ученые обнаружили, что в моче всех хищников присутствует соединение 2-фенилэтиламин (ФЭА), выполняющее функции «универсальной пугалки». Именно оно вынуждает крыс обращаться в бегство, если они почуют запах kota, собаки или другого любителя грызунов.

Вообще-то запах мочи у разных видов индивидуален. Во всяком случае, оптовые торговцы уриной (называть их производителями было бы не совсем верно) рекомендуют различную продукцию для разных случаев. Повсюду шныряют крысы, олени объедают ваш сад, а еноты достали стиркой? Купите мочу койотов. А если койоты во дворе? Мочой волка их. Она же поможет, если кошки одолели. От мышей хороша рысь, от кабанов (и броненосцев) — львиная, от надоедливых белок и маленьких собак — лисья. Моча помогает даже от диких гусей и других птиц. Чтобы они не спускались во двор, специалисты рекомендуют установить двухмерное изображение койота, спрыснутое его уриной. Птицы издали увидят хищника, почуют его запах и пролетят мимо. Только от волков и львов в палисаднике и слонов в посудной лавке средства пока не нашли.

Но вернемся к работе кембриджских биологов, которые исследовали группу малоизученных обонятельных рецепторов, называемых рассеянными аминоксассоциированными рецепторами (trace amine-associated receptors) – TAARs. Они имеются в обонятельном эпителии практически у всех позвоночных, но в разном количестве: у грызунов их раза в три больше, чем у человека. Исследователи установили, что у крыс один из этих рецепторов, TAAR4, специфически взаимодействует с мочой рыси, однако не реагируют на урину крысы, мыши и человека. TAAR-рецепторы других классов возбуждаются неспецифически от всякой мочи. Затем ученые выяснили, что активирующее действие на TAAR4 оказывает один из компонентов мочи рыси,

2-фенилэтиламин. В моче других исследованных видов его практически нет. Вопрос в том, присутствует ли ФЭА только в урине рыси, или у всех хищников без исключения, или не только у них. Чтобы решить эту проблему, ученым понадобились образцы мочи многих видов животных, но они не стали прибегать к услугам оптовых поставщиков. Во-первых, у них ограниченный ассортимент; во-вторых, нельзя быть уверенным, что чистота продукта, производимого для хозяйственных целей, достаточна для научного эксперимента. Для продажи продукт собирают на специальных фермах, в зоопарках и заповедниках. Животных помещают в особые загоны или клетки, и урина утекает через отверстия в полу. Как уверяют сами торговцы, весь процесс, который они называют «использованием возобновляемых ресурсов мочи», происходит под постоянным государственным контролем и самым гуманным образом.

Итак, исследователи взялись за дело сами и взяли анализы у 38 видов хищников, в том числе львов, снежных барсов и сервалов, а также травоядных. Попали в этот список и главные персонажи нашей статьи: грызуны, кошки и люди. Пробы отбирали в зоопарках Новой Англии и Южной Дакоты, причем основная работа досталась аспиранту Дэвиду Ферреро: это он угонявал жирафа помочиться в баночку и общался с ягуаром, отнюдь не расположенным к сотрудничеству.

Результаты этого исследования представлены в таблице. Оказалось, что ФЭА содержится в моче у всех хищников и у некоторых его концентрация очень велика, особенно у львов, сервалов и тигров. У травоядных этого вещества в 3000 раз меньше. Хотя разница между хищными и нехищными видами несомненна, индивидуальный разброс широк, например у 11 рысей концентрация ФЭА колебалась от 5,3 до 72,6 микромолей. Поэтому нас не должно смущать крайне низкий показатель одинокого хорька — второго, очевидно, не нашлось (или он изыскал способ не предупреждать потенциальную жертву о своем соседстве). От чего зависит содержание ФЭА в моче разных видов, пока непонятно. Исследователи предположили, что это соединение может быть побочным продуктом, который образуется в результате переваривания мясных белков (ФЭА — метаболит аминокислоты фенилаланина). Они изменили диету грызунов на более богатую мясом, но ФЭА в их моче от этого не прибавилось. Очевидно, на продукцию ФЭА влияют многие факторы, науке пока неизвестные.



Зато исследователи убедились, что испуг вызывает именно 2-фенилэтиламин: когда в угол крысиной клетки капали мочу льва, грызуны избегали этого места, хотя обычно в клетке они предпочитают именно углы. Если же пробу предварительно обрабатывали ферментом, разрушающим ФЭА, крысы и даже мыши не пугались львиного запаха. Взаимодействие ФЭА с рецептором специфично, другие соединения, по структуре очень на него похожие, в том числе бензиламин и дофамин, не активируют TAAR4, поэтому от восторга никто не удирает прочь. Однако окончательные выводы о роли рецептора и 2-фенилэтиламина во взаимоотношениях хищников и грызунов делать еще рано. Исследователи планируют получить генетически модифицированных мышей с отсутствующим геном TAAR4; такие животные не должны бояться запаха опасной мочи, если TAAR4 — единственный рецептор, отвечающий за страх перед хищником. Честно говоря, в это верится с трудом. Система оповещения о близкой опасности слишком важна для грызунов, чтобы она не дублировалась.

Роль ФЭА в жизни грызуна, безусловно, велика. Гораздо проще запомнить единственный запах беды, чем распознавать метки каждого конкретного хищника. Но универсальная метка страха в моче вредна самим хищникам — им невыгодно распугивать мышей. Исследователи предполагают, что 2-фенилэтиламин служит для коммуникативных целей. Может быть, таким образом хищники сообщают друг другу, кто из них больше и «чи в лесу шишки». С этой точки зрения интересно сравнить содержание ФЭА в моче разных видов с рекламой торговцев уриной: волк прогоняет койота, а лев — вообще всех.

Помимо «универсальной пугалки» существуют и видоспецифичные сигналы, вызывающие панику у грызунов. Известны летучий компонент мочи лис — 2,5-дигидро-2,4,5-триметилгиазол — и два нелетучих белковых соединения, выделяемых котами. Есть, видимо, и другие. Нужна ли потенциальной жертве такая подробная информация? Она может иметь значение только в некоторых случаях, когда тысячами развиваются вместе хищник и жертва или паразит и его

хозяин. Крысе все равно, кто ее съест, а токсоплазме выгодно, чтобы ее промежуточный хозяин избежал гибели в зубах койота, фокстерьера или лисы и сохранил себя для кошки.

#### Литература

**M. Berdoy et al.** Fatal attraction in rats infected with *Toxoplasma gondii*. «Proceedings of the Royal Society B», 2000, т. 267, с. 1591—1594.

**K. D. Lafferty.** Can the common brain parasite, *Toxoplasma gondii*, influence human culture? «Proceedings of the Royal Society B», 2006, т. 273, с. 2749—2755.

**A. Vyas, S.-K. Kim, N. Giacomini, J. C. Boothroyd, R. Sapolsky.** Behavioral changes induced by *Toxoplasma* infection of rodents are highly specific to aversion of cat odors. «Proceedings of the National Academy of Sciences», 2007, т. 104, № 15, с. 6442—6447.

**P.K.House, A.Vyas, R. Sapolsky.** Predator Cat Odors Activate Sexual Arousal Pathways in Brains of *Toxoplasma gondii* Infected Rats. PLoS ONE 2011, 6(8): e23277. doi:10.1371/journal.pone.0023277

**David M. Ferrero et al.** Detection and avoidance of a carnivore odor by prey. «Proceedings of the National Academy of Sciences», 2011, т. 108, № 27, с. 11235—11240.



## Московский Дом Книги

### СЕТЬ МАГАЗИНОВ

#### Светлана Бурлак

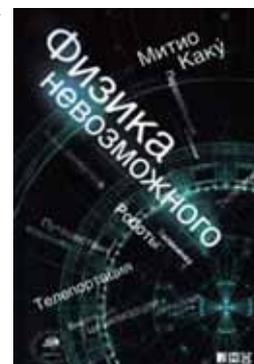
Происхождение языка:  
факты, исследования,  
гипотезы  
Светлана Бурлак  
М., АСТ, 2011



**В** книге собраны и обобщены данные лингвистики, нейрофизиологии, когнитивной науки, антропологии, археологии, этологии, генетики и других наук, так или иначе проливающие свет на происхождение языка. Строгость научного подхода к фактам и четкость формулировок сочетаются с доступностью изложения, что делает книгу интересной для широкого круга читателей.

#### Митио Какү

Физика невозможного  
М., Альпина нон-фикшн, 2011



**Р**ассказывая простым языком о самых сложных явлениях и новейших достижениях современной науки и техники, автор стремится объяснить основные законы Вселенной. Возможно, в XXI веке станут реальностью силовые поля, невидимость, чтение мыслей, связь с внеземными цивилизациями и даже телепортация и межзвездные путешествия.

**Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.  
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,  
тел. (495) 789-35-91  
Интернет-магазин: [www.mdk-arbat.ru](http://www.mdk-arbat.ru)**

# Социальность пренатального периода

**Ч**еловек — существо социальное, причем науку общения он начинает постигать с первых часов жизни. Для этого младенцу недостаточно просто наблюдать за взрослыми со стороны, общение должно быть активным. И новорожденных берут на руки, разговаривают с ними, хотя они еще ничего не понимают, улыбаются, а эти крохи, в свою очередь, замечены в попытках изобразить какое-то выражение на лицах. Они бы и до рождения общались, было бы с кем. Оказывается, двойняшки в животе матери отнюдь не равнодушны друг к другу, подобно соседним горошинам в стручке, а целенаправленно налаживают контакты.

Специалисты кафедры перинатологии и гинекологии университета Кагавы (Япония), проводя ультразвуковое обследование беременных матерей близнецов, обнаружили, что двойняшки общаются друг с другом начиная с 11-й недели беременности. Общение это физическое: плоды иногда соприкасаются головками или трогают рукой голову соседа. На 15-й — 22-й неделе такие прикосновения становятся все более частыми и характерны для всех близнецовых пар.

Но, отметив факт внутриутробных контактов двойняшек, японцы не доказали, что их движения целенаправленны, а не случайны: ведь детишки в животе шевелятся, двигают ручками и ножками и вполне могут случайно заехать по голове родному брату или сестре. Необходимые доказательства добыли итальянские специалисты из Турина, Триеста и Пармы под руководством профессора факультета психологии Падуанского университета Умберто Кастиелло («PLoS ONE», 2010, 5(10): e13199, pp.1—10, doi:10.1371/journal.pone.0013199).

Ученые обследовали пять близнецовых пар, пять матерей от 20 до 32 лет: три со средним образованием (парикмахерша, клерк и безработная), две с высшим (офисный клерк и учительница). Все дамы дали согласие на эксперимент. Дважды, на 14-й и 18-й



а б



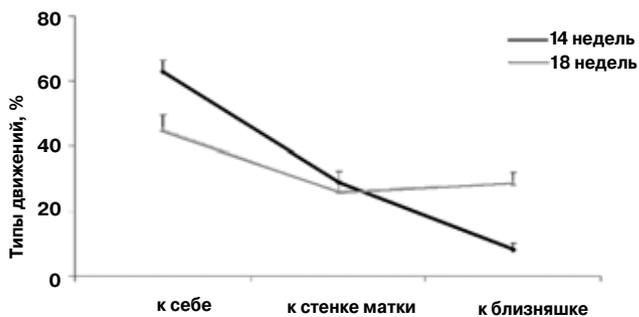
в г



неделях беременности, им проводили 20-минутные сеансы ультразвукового обследования. Полученные записи обработали с помощью компьютерной программы и получили оцифрованное изображение — своеобразный ультразвуковой фильм из внутриутробной жизни двойняшек. Перед каждым сеансом матерей расспрашивали о про-

*Типы движений младенца в пренатальный период:  
а) пальцем в рот; б) пальцем в глаз;  
в) пальчиками поглаживает спину близнеца;  
г) трогает близнеца за голову*

изошедших за это время событиях, которые могли бы вызвать стресс и таким образом повлиять на движения плода. Дамы также проходили регулярные



Двигательная активность плодов изменяется — на разных сроках беременности

медицинские осмотры, в ходе которых исследователи убеждались, что продолжительные сеансы «ультразвуковой съемки» не вредят малышам. Все они, кстати, родились здоровыми и в срок.

Анализируя полученные записи, ученые определили, что плод совершает три типа движений. Прежде всего он ощупывает себя, тянется пальцами ко рту или глазу. Движения второго типа направлены от себя, ребенок трогает стенку матки. И наконец, плод касается своего брата или сестры. Речь идет именно о направленных движениях, которые завершаются, когда пальцы достигают цели. Это не беспорядочное размахивание руками, когда плод случайным образом касается лица или тычет маму изнутри в живот, а затем продолжает движение.

Количество касаний стенки матки и в 14, и 18 недель оставалось одинаковым, в среднем каждый малыш тыкал в нее 8—9 раз за 20 минут. Однако по мере увеличения срока беременности плод все реже ощупывал себя. Число прикосновений ко рту сократилось с 13 до 7—8, а к глазу с 8 до 7 раз за сеанс. Одиночные плоды тоже с возрастом все меньше трогают себя. Возможно, это связано с созреванием нервной системы, а также с тем, что растущему плоду становится тесно в матке. Теснота, однако, не мешает двойняшкам развивать социальное поведение. Они все больше внимания обращали друг на друга. Напомним, до 10 недель беременности прикосновения к близнецу можно считать скорее исключением. На 14-й неделе они трогают голову или спину соседа один-два раза за сеанс, а на 18-й уже 4-5 раз. За 4 недели, прошедшие между обследованиями, доля движений, направленных к соседнему плоду, увеличилась на 29%.

Итальянские медики обнаружили, что на 14-й неделе беременности плоды-близнецы не только интересуются друг другом, общаются и координируют свои движения, но и соотносят их с окружающими условиями. Взрослые люди прикасаются к неодушевленному

предмету иначе, чем к одушевленному. Одно дело — протянуть руку за книгой, совсем другое — погладить кота или прикоснуться к собеседнику. Неродившиеся дети поступают так же. Естественно, чем резче движение, тем оно короче. У близнецов тычок в стенку матки занимает всего 1200 мс, запихивание пальца в рот — около 1400 мс, поглаживание близняшки — 1600 мс. Очевидно, беречь маму будущие дети пока не научились. У движения есть еще одна важная характеристика — время торможения. Оно отражает степень деликатности прикосновения. Одно дело, когда дитя с размаху тычет куда-нибудь пальцем, и совсем другое — осторожное касание. Так вот, жесты, направленные к близняшке, более плавны, чем движения к себе, а палец в собственный глаз плод направляет осторожнее, чем в рот. (Не только осторожнее, но и реже. Тыкать пальцем в собственный глаз — неприятное и небезопасное занятие.) При этом время

торможения не зависит от срока беременности. А значит, уже с 14 недель плод способен на социальные тактильные контакты, которые носят планомерный характер. Близняшки ощупывают друг друга целенаправленно и деликатно. Эти результаты указывают на раннее интеллектуальное развитие плода: он в состоянии предвидеть последствия своих движений и соразмеряет их силу с объектом, который хочет потрогать.

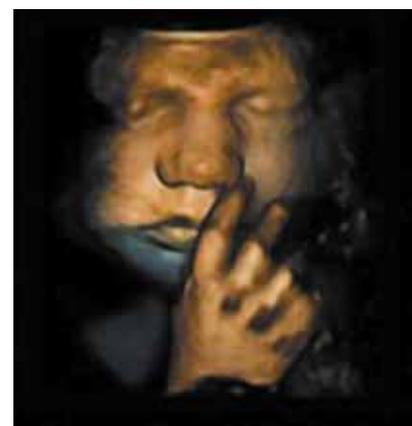
Тот факт, что социальность человека проявляется уже во втором триместре беременности, ученые считают одним из главных результатов своего исследования. В дальнейшем они планируют выяснить, насколько социальное поведение плода в столь раннем возрасте зависит от нормального или ненормального развития мозга. Вдруг окажется, что склонность к асоциальному поведению можно будет выявлять пренатально.

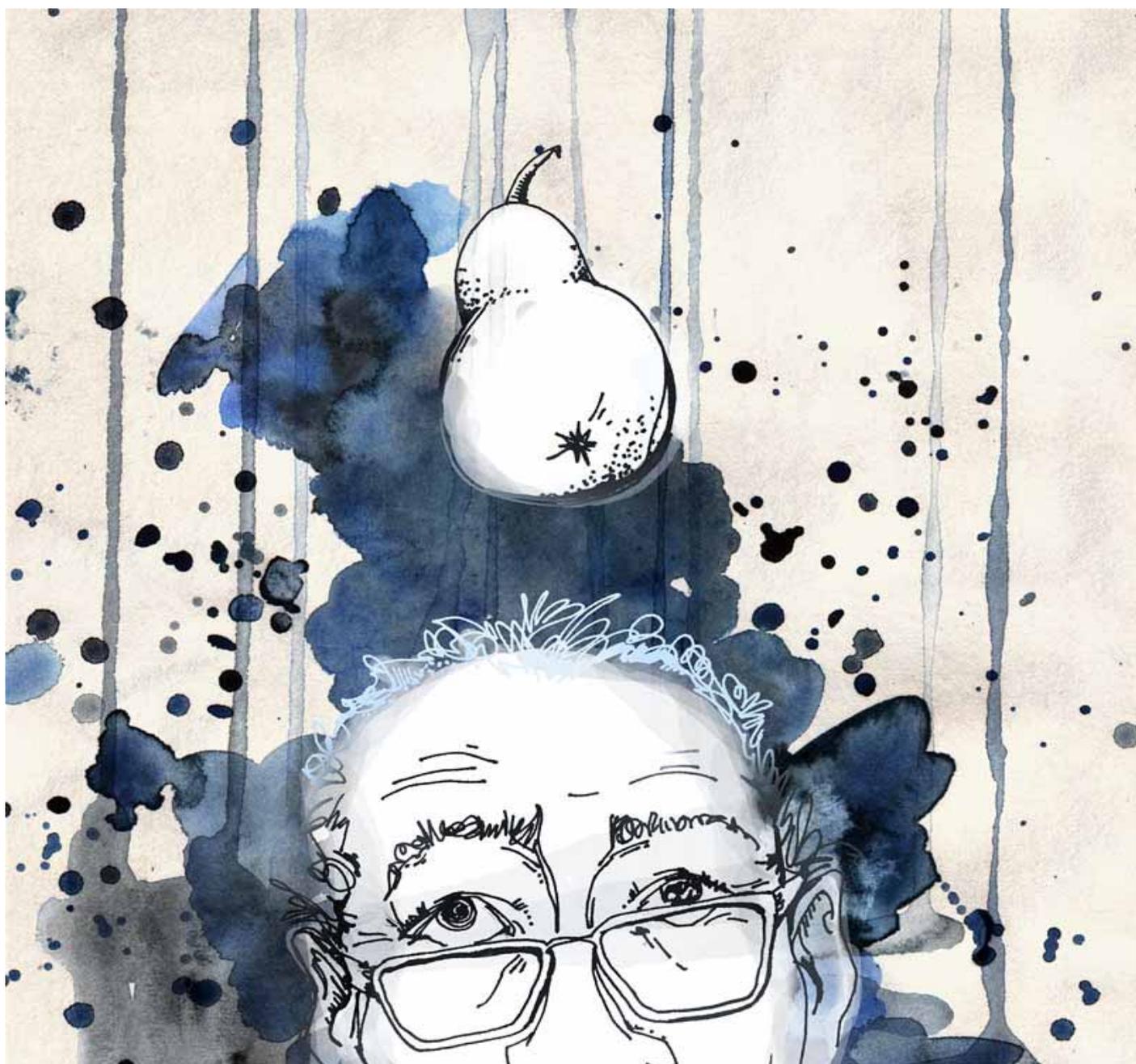
Н. Анина

### Когда верстался номер...

пришло сообщение из Великобритании. На сей раз ультразвуковое кино снимали специалисты университетов Дарема и Ланкастера и госпиталя Университета Джеймса Кука («PLoS ONE», 2011, 6(8): e24081. doi:10.1371/journal.pone.0024081). Они обнаружили, что на 24-й неделе беременности у плода начинают сокращаться отдельные лицевые мускулы, а в 35 недель он уже улыбается, хмурит бровки или кривит рот. Когда младенец родится, эта мимика будет сопровождать его смех или плач. Пока же он не издает звуков и даже не испытывает эмоций, а просто тренирует лицо.

Фотро Nadja Reissland





# Фундамент мира

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

Физика описывает мир с помощью формул. И в большинстве из них есть некий коэффициент — константа, которая, принимая числовое значение, превращает этот мир из абстрактного в конкретный. Вот закон тяготения Ньютона:  $F = \gamma m_1 m_2 / r^2$ , здесь  $\gamma$  — гравитационная постоянная. Вот закон Кулона:  $F = k q_1 q_2 / r^2$ . Тут  $k$  — коэффициент, отражающий диэлектрические свойства среды, в которой взаимодействуют электрические заряды. Вот закон релятивистского удлинения

времени:  $dt = dt_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$ , где  $c$  — скорость света, то есть максимальная скорость, с которой может двигаться материальный объект. Эти и им подобные законы могут описать любой мир. Но если  $\gamma$  окажется равной  $6,67384(80) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$ , а  $c$  —  $299792458 \text{ м/с}$ , то получится наш мир. Отклонения от этих значений вызовут его серьезные изменения, поскольку эти константы входят во множество других формул. Например, о них рассказывает академик Л.Б.Окунь из Института теоретической и экспериментальной физики в «Успехах физических наук», 1991, т. 161, № 9, с. 530.

Представим себе, что скорость света увеличилась на десять порядков, фактически стала бесконечной. В таком мире фотон при той же энергии, что и в нашем (а она определяется расстоянием между электронными уровнями излучившего его атома), будет иметь на десять порядков большую длину волны, а импульс — на десять порядков меньший. Время высвечивания фотона атомом пропорционально квадрату импульса, и тогда оно оказывается сравнимым со временем жизни Вселенной. То есть фотоны могут поглощаться или испускаться только при непосредственных столкновениях ато-

мов друг с другом. В общем, фотоны полностью отделились бы от вещества. А если сделать скорость света меньше? Тогда сильные изменения наступят очень быстро, ведь снижение ее всего на два порядка сделает сравнимыми энергию покоя электрона и энергию связи электрона с протоном в атоме водорода. Дальнейшее, даже небольшое снижение скорости света сделает первую выше второй, и тогда существование свободных электронов станет невыгодным. При этом протон будет распадаться на атом водорода и позитрон, а свободные электроны создадут с позитронами стабильные атомы позитрония. Очевидно, что это тоже совсем другой мир, непохожий на наш. Подобных примеров можно привести множество, и ведущие физики мира уже не один раз сделали это в своих книгах.

В наблюдаемой нами Вселенной все сложилось на редкость удачно: фундаментальные константы, определяющие основные виды взаимодействий или отвечающие за структуру пространства-времени, оказались как будто специально подогнаны друг к другу, и в результате сумело возникнуть вещество, образовались химические элементы, способные вступать в такие реакции, которые породили белковую жизнь. Чтобы объяснить это наблюдение, некоторые физики ввели так называемый антропный принцип. Различают две его формулировки — слабую и сильную. Слабый антропный принцип исходит из представлений о том, что существует бесконечно большой ансамбль вселенных с разными значениями фундаментальных констант. Более того, сразу после Большого взрыва возникло бесконечное число миров со всевозможными числовыми значениями фундаментальных констант. Вероятность появления вселенной с параметрами, которые обеспечивают образование вещества в том виде, какой мы знаем, исчезающе мала. Однако экспериментальные данные, а именно само наше существование и способность наблюдать этот мир, свидетельствуют, что такое маловероятное событие все-таки случилось. Может быть, наш мир оказался единственным устойчивым и поглотил все остальные миры. Может быть, вокруг нашей Вселенной есть другие вселенные с иным числом пространственных измерений, иными значениями скорости света, постоянной Планка, массы электрона, протона и других параметров. Если эти миры как-то взаимодействуют друг с другом, возможно, когда-нибудь мы сумеем что-то о них узнать.

Сильный антропный принцип прямо ведет к объективному идеализму: Вселенная обязательно должна быть устроена так, чтобы обеспечить себе способность к самопознанию, а оно невозможно без возникновения вещества и созданной из него разумной жизни. В материалистической формулировке он, видимо, превращается в принцип целесообразности, о котором рассуждает доктор физико-математических наук И.Л.Розенталь из Института космических исследований АН СССР («Успехи физических наук», 1980, т. 131, № 2, с. 239). Он звучит так: наши основные физические закономерности, так же как и численные значения фундаментальных констант, являются не только достаточным, но необходимым условием для существования основных состояний, то есть ядер, атомов, звезд, планет и галактик. Иначе говоря, если изменить что-то в физике (значение фундаментальных постоянных в пределах порядка или исключить одно из внутренних квантовых чисел), то должно произойти не только незначительное количественное изменение в физической картине, но рухнет ее база — существование основных состояний.

Как проявляется принцип целесообразности? Возьмем космологию. Сейчас известно, что плотность вещества во Вселенной немногим больше или немногим меньше, чем критическое значение, определяющее ее будущее — бесконечное расширение или смена его на сжатие. А почему плотность не отличается сильно от этого критического значения? Потому, что, будь масса много больше, Вселенная после



Большого взрыва расширится слишком быстро для того, чтобы в ней возникли галактики, а будь она много меньше — время жизни Вселенной оказывается слишком мало, чтобы образовалась высокоорганизованная материя. Аналогичным образом время жизни звезды не может в миллионы раз отличаться от времени жизни Вселенной.

Определенное соотношение между константами, характеризующими гравитационное и электромагнитное взаимодействия, и массами протона с электроном обеспечивает существование звезд и галактик, не позволяя им раствориться в облаках газа. Даже размерность пространства имеет значение: как показал Пауль Эрэнфест в 1917 году, если она более трех, то устойчивые основные состояния отсутствуют, а в двух- или одномерном мире трудно себе представить существование сложных форм материи.

Мы живем в такой пространственно-временной области, где и когда существует благоприятная комбинация констант. Но было ли так всегда? Может ли быть так, что Вселенная проходит путь от бесструктурности к благоприятной для существования вещества комбинации констант, а потом все это опять распадется? Первым гипотезу об изменении фундаментальных констант с течением времени выдвигал еще Поль Дирак в 1937 году. Пока что, как указывает доктор Мюнхенского университета Харальд Фритцш («Успехи физических наук», 2009, т. 179, № 4б с. 383), наблюдения дальних квазаров и квантово-оптические эксперименты зафиксировали, что если такие изменения и происходят, то их относительная годовая скорость менее чем  $10^{-15}$  от интересующей величины.

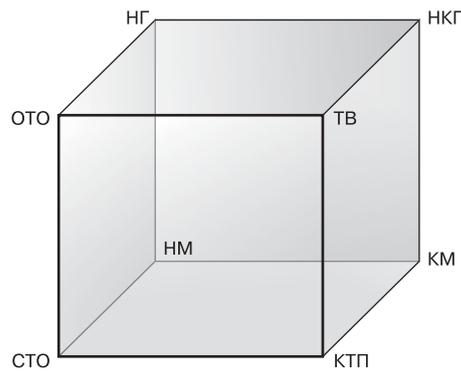
Минимальный набор фундаментальных констант, необходимых для описания нашего мира, нельзя назвать постоянным и определенным — он меняется по мере развития физики и зависит от взгляда ученого на проблему мироздания. На сути дела это сказывается не особенно сильно, поскольку некоторые константы связаны друг с другом. Так, самая загадочная из фундаментальных констант — постоянная тонкой структуры  $\alpha$ , равная  $1/137,03599911(46)$  — представляет собой комбинацию из заряда электрона, постоянной Планка, которая входит в соотношение неопределенности, и скорости света. (Эту постоянную ввел в 1916 году Арнольд Зоммерфельд для того, чтобы учесть релятивистские поправки к описанию спектральных линий в рамках модели атома Бора.) Значит, в качестве фундаментальных постоянных можно выбрать любые три из этих четырех констант. Массу протона долго тоже считали константой, определяющей наш мир, однако теперь ее можно получить из положений квантовой хромодинамики как сумму энергии удержания глюонов и кварков в этой частице, а также массы слагающих протон кварков.

Как пишет Л.Б.Окунь, в 30-е годы М.П.Бронштейн предложил так называемое пространство физических теорий, построенное из предположений, что основные константы нашего мира — это скорость света, постоянная Планка и гравитационная постоянная. В начале координат находится механика Ньютона, или, вернее, та часть ее, которая не учитывает гравитации (НМ). Над ней расположена нерелятивистская (Ньютонова) гравитация (НГ), справа — квантовая механика

ка (КМ), впереди — специальная теория относительности (СТО). Синтез СТО и КМ дает квантовую теорию поля (КТП). Синтез НГ и СТО дает общую теорию относительности (ОТО). Синтез КМ и НГ дает нерелятивистскую квантовую гравитацию (НКГ). Синтез всех теорий в будущем может привести к всеобъемлющей теории всего (ТВ). Этот куб прочно вошел в фольклор физиков.

В самой свежей статье на тему фундаментальных констант Харольд Фритцш отмечает, что в Стандартной модели есть 28 фундаментальных констант, необходимых для описания взаимодействий. Это гравитационная постоянная, постоянная тонкой структуры, константы сильной и слабой связи, масса  $W$ -бозона, масса бозона Хиггса, массы трех заряженных лептонов — электрона, мезона и тау-лептона, массы трех нейтрино, массы шести кварков, четыре параметра смещения их ароматов и шесть параметров смещения сортов лептонов, которые можно определить из данных по осцилляции нейтрино. Впрочем, число этих констант может и уменьшиться, например, из-за открытия новых взаимодействий. Другая возможность — опровержение недавних экспериментов, доказавших, что на пути от Солнца к Земле некоторые нейтрино успевают поменять свой тип, то есть осциллируют. Однако для устойчивого состояния вещества важны только семь констант: гравитационная постоянная, постоянная тонкой структуры, энергетический масштаб квантовой хромодинамики, масса электрона и массы верхнего, нижнего и странного кварков.

Насколько наборы констант, лежащие в фундаменте нашего мира, независимы? Нельзя ли их связать друг с другом какой-то формулой или вообще получить независимо ни от чего? Над этой задачей бились многие физики. Вот что писал Ричард Фейнман про постоянную тонкой структуры: «С тех пор как была введена, она остается загадкой на протяжении более пятидесяти лет; любой хороший физик-теоретик записывает ее на стене и думает над ее значением. Сразу же возникает желание узнать, чем определяется численное значение этой константы? Связано ли оно с числом  $\pi$  или, быть может, с основанием натуральных логарифмов? Никто не знает. Это одна из величайших тайн физики: магическое число, известное и непонятное...» И действительно, уже в 1936 году Вернер



*Куб физических теорий. По вертикальной оси отложена гравитационная постоянная, по горизонтальной — постоянная Планка, по той оси, что смотрит на читателя, — скорость света. В начале координат все эти константы считаются равными нулю*

Гейзенберг нашел, что  $\alpha = 2 \cdot 43 \cdot 3 \pi$ , или  $1/137,5$ . В 1969 году Арман Уайлер из соображений симметрии пространства дал такое выражение:  $\alpha = 9 / (8\pi^4) (\pi^5 / 2^{45})^{1/4}$ , то есть  $\alpha = 1 / 137,03608$ . В последующие полвека была предпринята не одна попытка либо доказать, что постоянная точно равна  $1/137$ , либо получить формулу, которая давала бы ее экспериментально измеренное значение, однако широкого понимания среди физиков эти работы не нашли.

А что будет, если удастся все константы связать одной формулой, как об этом мечтал Гейзенберг, подбираясь к решению проблемы единой теории поля? Розенталь считает, что если бы это удалось, если бы такая формула была не чистой формальностью, плодом математических ухищрений, а доказывала бы глубокую связь между константами, тогда принцип целесообразности был бы опровергнут. Это значило бы, что наш мир возник не вследствие игры случая, который и обеспечил существование основных состояний, а закономерно. Однако пока этот принцип действует, следует признать, что возможно существование множества вселенных, а выбор именно нашего варианта был следствием случайности.

# Основная формула

**С.А. Воинов**

Ричард Фейнман как-то поставил такую интересную задачу: «Экспериментально доказаны существование электромагнитной инерции и тот факт, что часть массы заряженных частиц электромагнитная по своему происхождению» («Фейнмановские лекции по физике», М: «Мир», 1976—1977, т. 6, с. 322). Однако определение массы заряда электрона встретилось с трудностями. Формулу оказалось возможным вывести двумя путями: из соображений статической энергии поля электрона и исходя из величины импульса движущегося электрона при скорости много меньшей скорости света. В первом случае вышло  $1/2 \cdot e^2 / (rc^2)$ , во втором —  $2/3 \cdot e^2 / (rc^2)$ , где  $r$  — радиус электрона,  $e$  — его заряд, а  $c$  — скорость света. Поскольку результат должен быть один, Фейнман пишет: «По-видимому, мы где-то допустили ошибку. Конечно, не алгебраическую ошибку в наших расчетах, а где-то проглядели что-то существенное».



## КАЛЬКУЛЯТОР

Мне удалось предложить другую формулу:  $m_0(2\pi - 1)/2\pi$ , где  $m_0$  — масса покоя электрона,  $9,109534 \cdot 10^{-28}$  г. Тогда электромагнитная масса электрона окажется  $7,65971 \cdot 10^{-28}$  г. Если вычислить массу по приведенным Фейнманом уравнениям, то совпадений с полученным значением не будет за исключением одного случая — если во второй формуле предположить, что заряд электрона размазан по сфере с радиусом в  $4/5$  классического радиуса электрона,  $2,81794 \cdot 10^{-13}$  см. (Эта константа определена как радиус шара с зарядом  $e$ , энергия которого равняется энергии покоя электрона.) Тогда по формуле Фейнмана получим  $7,5912727 \cdot 10^{-28}$  г. Различие составит  $0,0684 \cdot 10^{-28}$  г, что соответствует относительной погрешности 0,9%.

Успех с разрешением проблемы Фейнмана позволил перейти к решению проблемы Гейзенберга — поиску выражения, связывающего основные фундаментальные константы.

Напишем такую формулу:  
 $2\pi^{1/2} e^3 \cdot 10^{-19} / ((2\pi - 1) m_e c h^{1/2})$ .



## КАЛЬКУЛЯТОР



Художник Н. Ларкина

Если подставить в нее численные значения констант, а именно  $e$  (заряд электрона),  $4,8032424 \cdot 10^{-10}$  ед. СГСЕ,  $m_e$  — его масса,  $c$  — скорость света,  $2,9979246 \cdot 10^{10}$  см/с,  $h$  — постоянная Планка,  $1,0545887 \cdot 10^{-27}$  эрг/с,  $\gamma$  — гравитационная постоянная  $6,672 \cdot 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/г·с<sup>2</sup>, то окажется, что это отношение равно 0,9995, почти единице. Причем эта единица — величина безразмерная.

Из этого выражения можно выразить гравитационную постоянную:

$$\gamma = 4\pi e^2 \alpha^2 \cdot 10^{-38} / ((2\pi - 1)^2 m_e^2).$$

Тут у нас появилась постоянная тонкой структуры  $\alpha$ , которая равна  $e^2/hc$ . Такая формула позволит связать гравитацию и электромагнетизм. В самом деле, выделим из нее безразмерную константу  $\beta = 4\pi \alpha^2 \cdot 10^{-38} / ((2\pi - 1)^2)$ , которая равна  $1/4, 17 \cdot 10^{-42}$ .

Тогда закон гравитации  $F = \gamma m_1 m_2 / r^2 = \beta \cdot e^2 / m_e^2 \cdot m_1 m_2 / r^2$ , где  $m_1, m_2$  — гравитирующие массы, а  $r$  — расстояние между ними.

Для двух гравитирующих электронов массы сократятся, и останется  $F = \beta e^2 / r^2$ . Но это же почти закон Кулона, который в СГС имеет вид:  $F = e^2 / r^2$ .

Тогда получается, что сила Кулона в  $\beta$  раз сильнее гравитации. Так оно и есть. Вот как пишет Фейнман: «Не исключено, что тяготение и электричество связаны значительно сильнее, чем мы думаем. Было сделано много попыток объединить их; так называемая единая теория поля — лишь одна из очень изящных попыток сочетать электричество с тяготением. Но самая интересная вещь в сопоставлении их друг с другом — это относительная величина сил. Любая теория, в которой появятся обе силы... ставит вопрос: почему гравитационные силы между двумя электронами меньше кулоновских сил между ними в  $1/4, 17 \cdot 10^{-42}$ ?»

Не составит особого труда включить в формулу константы сильного и слабого взаимодействия (без учета требований хромодинамики). Как пишет Розенталь в упомянутой статье, безразмерная константа сильного взаимодействия имеет вид  $\alpha_s = g_s^2 / (hc)$ , причем она приблизительно равна 1 на расстояниях порядка размера ядра. Тогда квадрат размерной константы будет равен  $hc$  или 3, 1608391  $\cdot 10^{-17}$  г см<sup>3</sup>/с<sup>2</sup>. Что же касается слабого взаимодействия, то оно выражается через постоянную Ферми  $g_f$ , практически равной  $1 \cdot 10^{-49}$  эрг см<sup>2</sup>.

$$(2\pi - 1) m_e m_p^2 c^2 \gamma^{1/2} g_f \cdot 10^{25} / (8\pi e g_s^2 h^2) = \alpha.$$

Помимо перечисленных выше в эту формулу вошла масса покоя протона  $m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-24}$  г. Если подставить в формулу все численные значения, то окажется, что расчетное значение для постоянной тонкой структуры равно  $7,2973506 \cdot 10^{-3}$ , что лишь на 0,9% отличается от экспериментального значения  $7,365933 \cdot 10^{-3}$ . Кстати, если бы  $\alpha$  имела точное значение  $1/137$ , то она бы равнялась  $7,29927 \cdot 10^{-3}$ .

С учетом того, что этот подход может показаться слишком упрощенным, вспомним А.Эйнштейна: «Теоретика не следует с упреком называть фантастом. Нет, лучше одобрить его фантазии, поскольку другого пути к цели для него не существует. Это вовсе не беспредметные фантазии, а поиски логически простейших возможных объяснений и их следствий».

## Из отзыва

доктора физико-математических наук  
академика Национальной  
академии наук Республики Казахстан  
В.Н.Околовича

Полученное значение массы заряда позволило автору решить программную задачу нобелевского лауреата Вернера Гейзенберга, которую кратко можно сформулировать следующим образом: «Известны фундаментальные константы, полученные путем измерения, такие как скорость света, постоянная Планка, гравитационная постоянная, заряд и масса электрона и т. п. Требуется доказать, что эти константы связаны функционально и должны быть приведены к одному параметру — постоянной тонкой структуры  $a = 1/137$ ».

Программа Гейзенберга была поддержана многими выдающимися физиками современности, такими как А.Эйнштейн, Э.Ферми, М.Планк, Р.Фейнман, В.Л.Гинзбург, А.Д.Сахаров, Я.Б.Зельдович, и многими другими учеными. Значение этой программы трудно переоценить, т. к. она может послужить ступенькой к созданию единой теории поля и решить ряд космологических проблем.

Гейзенбергу не удалось выполнить свою программу...

Автор рецензируемой работы привел в одной формуле к параметру  $a$  восемь констант с методической ошибкой менее 1%. Кроме того, автор с позиций квантовой физики интерпретирует закон всемирного тяготения и дает ответ на вопрос Р.Фейнмана: «Почему гравитационные силы между двумя электронами меньше кулоновских сил между ними в  $1/4, 17 \cdot 10^{-42}$  раз?», доказав, что это число, подтверждающее высказывание А.Эйнштейна о том, что в фундаментальных законах физики должны быть безразмерные коэффициенты, является безразмерной константой в законе всемирного тяготения.

Можно удивляться результатам этой работы, но, к сожалению, невозможно понять, как они получены, из-за краткости изложения, однако достоверность приведенных формул вряд ли вызывает сомнения, ибо они легко проверяются математически...



# Измерим все

Л. Хатуль

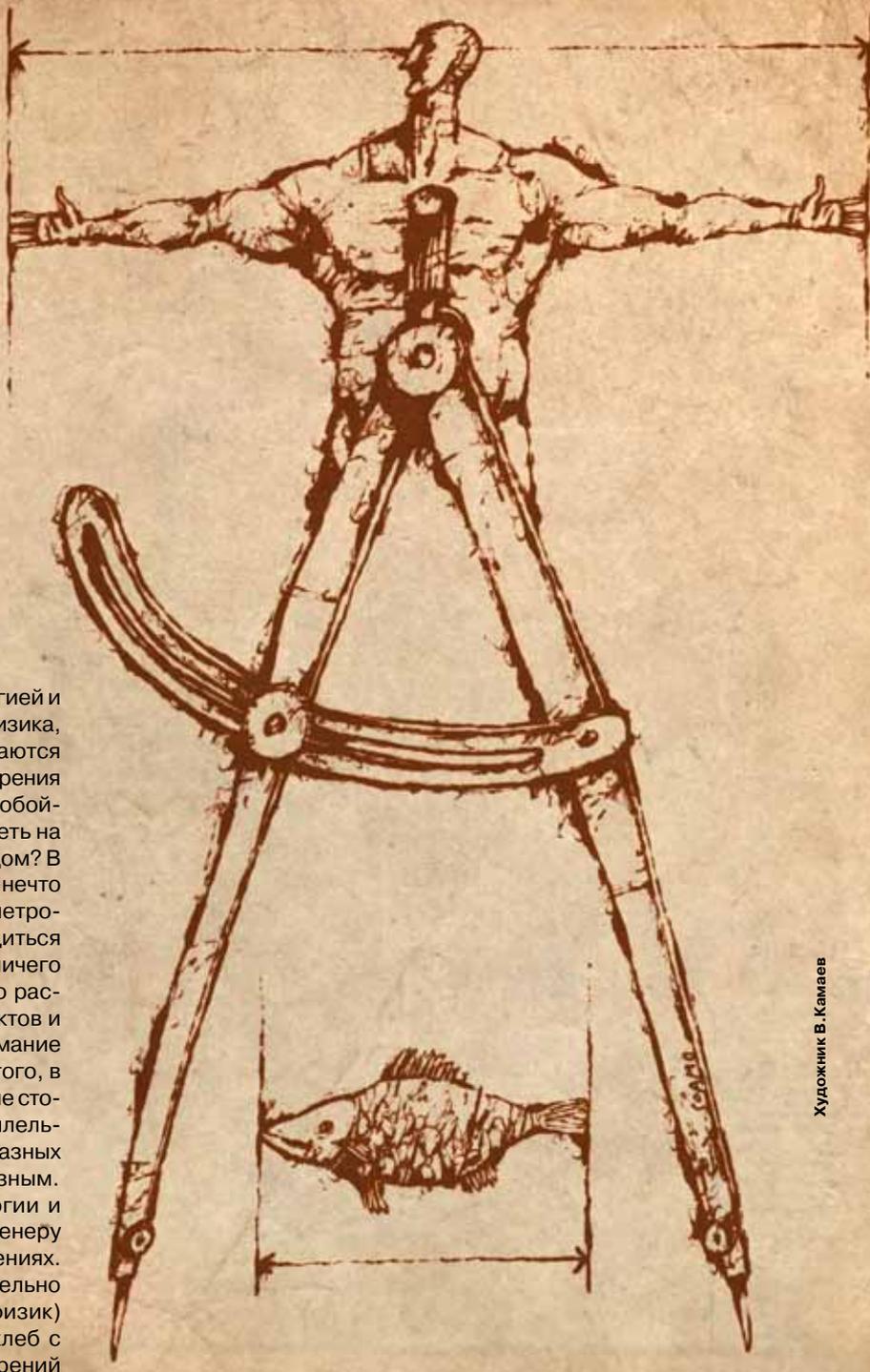
*Конница, того гляди, мелькнет.  
Спроси: а сколько вас?  
Чайки налетят — не оплошай.  
Сочти, сочти число.  
Станут обращаться во слонов.  
И тех сочти.  
Их легче легкого считать.  
Они летают не ахти.*

Михаил Щербakov

Что общего между физикой, техникой, социологией и психологией? Это – метрология: потому что и физика, и техника, и социология, и психология занимаются измерениями. Ни в одной из этих областей измерения не главное, но зато везде они есть, и без них не обойтись. Почему автор считает, что стоит посмотреть на эти области единым «метрологическим» взглядом? В каждой области есть своя специфика, но есть и нечто общее. Люди, занимающиеся приложениями метрологии в каких-то частных областях, могут обходиться без знания и понимания этих общих основ. И ничего страшного — до поры до времени. Потому что расширение области применения, развитие объектов и методик приводит к ситуациям, в которых понимание основ может оказаться необходимым. Кроме того, в разных областях приложения метрологии разные стороны метрологии более важны. Поэтому параллельное рассмотрение метрологических аспектов разных областей может оказаться интересным и полезным.

Относительная роль измерений в социологии и психологии, как это ни кажется странным инженеру и физик, больше, чем в их собственных владениях. Потому что социология и психология относительно меньше строят теорий (этим пробавляется физик) и не создают вещей (чем зарабатывает на хлеб с маслом своим насущным инженер). Роль измерений в различных сферах деятельности иллюстрируется таблицей (kGI — тысяча Google-links, то есть ссылок в поисковой системе Google — новая единица, которую автор предлагает ввести).

Область	Ссылки на название области, kGI	Ссылки на «измерения в (название области)», kGI	Отношение, %
Социология	6 000	68	1,1
Психология	22 000	124	0,56
Техника	85 000	150	0,18
Физика	14 000	12	0,09
Медицина	31 000	6,3	0,02
Биология	7 800	1,3	0,017
Химия	15 000	0,8	0,005
Геология	3 400	0,1	0,003
Литература	39 000	0,06	0,0002
География	14 000	0,001	0,000007



Художник В. Камаев

Разумеется, социология — это наука об обществе, и она не сводится к метрологии, то есть к изучению общества посредством измерений. Более того, собственно измерительная часть на Западе вообще-то сегодня и не считается социологией, к коей относят человеческое взаимодействие в обществе, процессы, структуры, смыслы... В России эта дифференциация немного задержалась, и массовое сознание сегодня считает социологией красивенькие диаграммки, которые иногда без понимания, а иногда с пониманием и искажениями публикуют газеты. Не сводится к измерениям и психология. Но автор в данном случае шел возможным посмотреть на социологию и психологию именно с этой, метрологической стороны и приглашает к этому вас. Извинением служит формула Экзюпери «Любить — это не смотреть друг на друга, а смотреть в одном направлении» и то, что понимание человеческого взаимодействия и прочего, названного выше, требует цифр. Но как физик за неоднородностью реликтового



излучения видит первые секунды Вселенной, так же и социологи и психологи за цифрами опросов и наблюдений должны видеть человеческое общество и человека, то есть нас с вами.

Обычно в книгах к метрологии относят измерение не всего на свете, а физических и химических характеристик, поэтому отнесение к метрологии глубины прорехи в знаниях студента или злобности преподавателя является не вполне традиционным. Однако некоторые метрологи не возражают против такого расширительного толкования. Важнее другое: то, что у измерения были разные, хоть и связанных вещей, как размер бриллианта и любовь подруги, есть общие черты, а самое важное то, что требования к измерениям, очевидные в одной сфере, могут быть применены и в другой. Например, мы прекрасно понимаем, что измерения веса, сделанные вчера и сегодня, а также в одной лаборатории и в другой, должны совпасть. И было бы неплохо, если бы результаты измерения любви тоже были стабильны и однозначны. А если они изменяются, то хорошо бы понимать — это реальный тренд или прогрессирующая погрешность измерительного прибора, то есть нас самих.

В физике и технике по мере развития области, постановки новых либо продвижения старых задач, вопросы измерений (точности, диапазона, необычных условий) возникают всегда. С другой стороны, увеличение точности измерений само по себе достаточно часто приводит к новым результатам (хрестоматийный пример — открытие аргона). Хотя тут надо быть осторожным: увеличение количества данных иногда (особенно при не вполне корректных обработке или предварительном отборе) позволяет обнаружить «закономерности» и там, где их нет. «Влияние Луны на истечение слюны», как говорят врачи. Или на поведение хроматографа.

### Когда измерение становится проблемой

Во-первых, когда предполагается измерять какую-то новую величину. Тут есть тонкость: что значит «новая величина»? Существует то, что можно измерить, а величина, которую мы раньше не измеряли, — существовала ли она и в каком смысле? В физике и технике величина может быть определена формулой, функцией. Пусть, например, мы давно измеряем ток и напряжение, но ни разу не измеряли мощность. В какой-то момент мы вводим это понятие и научаемся ее вычислять для разных зависимостей тока и напряжения от времени. Но можно поставить задачу — сделать прибор, измеряющий мощность.

В социологии ситуация иная: величины задаются не формулами, а согласованным способом диагностирования, анкетами, либо неким социолого-филологическим консенсусом, то есть близким пониманием вопроса у самих исследователей. Степень такого консенсуса может быть разной (от полного единогласия до полного непонимания, то есть наличия двух противоречащих одно другому пониманий). В этом случае возникает проблема согласования пониманий. Но и при наличии полного взаимопонимания (или если исследователь один и ни с кем ничего согласовывать не собирается) остается задача превращения интуитивного понимания исследовате-

ля в «индикаторы» — то есть числовые данные, которые мы согласились считать ответами на вопросы, интересующие социолога или его заказчика.

Во-вторых, измерение становится проблемой, когда предполагается измерять известную величину вне освоенной области измерений, необычно маленькую или необычно большую. В социологии измерение малых величин, то есть малых относительных количеств людей, каким-то определенным образом отвечающих на определенный вопрос, решается увеличением выборки.

В-третьих — когда предполагается измерять известную величину внутри освоенного диапазона, но с более высокой, чем обычно, точностью. В социологии увеличение точности также решается увеличением выборки — при условии, что мы верим в репрезентативность выборки и в то, что наши вопросы правильно построены. То есть диагностируют именно то, что мы интуитивно понимаем под объектом нашего исследования.

В-четвертых — когда предполагаются измерения в необычных условиях, причем «необычные условия» можно понимать аж шестью разными способами.

Первый вид необычных условий — измерения при необычных значениях других параметров того же объекта или сигнала. Например, обычное значение мощности и с обычной точностью, но на необычной частоте. В социологии большинство опросов проводится среди людей старше 18 лет. Понятно, что великое множество вопросов не может быть задано детям — не потому, что они глупые, а потому, что они не вовлечены во взрослую жизнь. Скажем, вопрос об общей удовлетворенности жизнью задать можно и дошкольнику — но как? Как его задать, чтобы результат можно было сопоставить с результатами для взрослых? Далее — а как задать этот вопрос младенцу?

Второй вид необычных условий — измерения за малое время (с высокой скоростью) или с высокой частотой повторения. Это очень распространенная в технике ситуация: к примеру, при полете «шаттла» производилось 50 000 измерений в секунду. Подобное может встретиться и в социологии, и в психологии.

Третий вид необычных условий — когда надо произвести одновременно много измерений. Например, снять температурное поле, то есть значения температур объекта во многих точках. В социологии и психологии анкетирование и тестирование зачастую тоже можно проводить сразу с группой.

Четвертый вид необычных условий — измерения с особо малым влиянием на объект. И не просто, как во всей метрологии, точности ради, а в системе, скажем, промышленного шпионажа или если объект уникален — в виде «неразрушающих методов». В социологии незначительность влияния на объект — одна из важнейших задач, стоящая куда острее, нежели в технике и физике. В анкете много вопросов, а каждый заданный человеку вопрос — это воздействие на него. Но важно влияние не только на данного респондента и не только сейчас, но и на то, как он будет отвечать на другие вопросы через месяц. А еще и влияние на общество публикации результатов социологических измерений. В психологии эта задача стоит еще острее: «чувствительные» вопросы задаются чаще, чем в социологии, и отношения напряженнее, когда спрашивающий в белом халате.

Пятый вид необычных условий — особые внешние условия. В физике и технике — высокая или низкая температура, значительный уровень радиации, высокое давление или вакуум, агрессивная среда. В социологии примерами могут служить изучение мнений бомжей и олигархов или скорости распространения в социуме технологических ноу-хау наркоманов.

Шестой, патологический, но встречающийся вид необычных условий — не те приборы. В каких ситуациях можно амперметром измерять напряжение? А наоборот? Обычно так все же не делают, но всякое может случиться. А бывает и метрология вообще без приборов. Например, известны способы определения на слух химсостава: чистая кристаллическая сера, если зажать кусок в кулак, потрескивает из-за неравномерного расширения при нагреве; пруток олова, в отличие от свинцово-оловянного припоя, при изгибании похрустывает. Социология и психология и здесь не стоят особняком — некоторые параметры общества и человека видны и без «приборов», без опросов и анкет.

## Откуда берутся новые величины

«В начале было слово», то есть интуитивное представление. На восьмой день пришли к воротам рая метрологи, открыли дверь ногой и заявили, что им нужно превратить это интуитивное в вещи, которые можно измерять. Первыми на этот призыв откликнулись, как известно, физики. Они придумали время, координату, скорость, ускорение, массу, силу и многое другое. Процесс шел долго и мучительно, понятия импульса и энергии возникли позже, понятия электрона и протона еще позже, а понятия темной материи и энергии возникают на наших глазах. С метрологией этот процесс связан слабо: новые приборы для измерения новых величин разрабатываются в физике далеко не всегда и, как правило, после того, как новая величина осознана.

В технике процесс превращения интуитивных представлений в измеряемые величины начался тоже давно и тоже идет по сей день. Как и в физике, он сопровождается возникновением новых областей применения и новых задач. Например, мы на интуитивном уровне понимаем, что такое гладкий и шероховатый (но что мы имеем в виду, когда шепчем «пушистенская моя?»), для формализации этого понятия существуют несколько параметров, но вполне можно предположить, что для какой-то новой задачи потребуются введение нового. С метрологией процесс связан сильнее, чем в физике: инженеры любят коробочки, которые сами что-то измеряют и вовремя мигают светодиодами.

В социологии процесс выработки понятий идет все время, но единой системы пока что нет. Если разные исследователи изучают один и тот же процесс и измеряют то, что интуитивно кажется им одним и тем же, то измеряют они это разными инструментами и в лучшем случае потом пытаются сопоставить полученные результаты. Возможно, в будущем какие-то социологические параметры и инструменты будут стандартизованы. Пример уже практически стандартного показателя — «индекс человеческого развития». Он составляется из продолжительности жизни, уровня образования и уровня жизни (ВВП на душу населения).

Например, размышление об анкете может начинаться с общего вопроса, типа «хорошо ли живут люди», и понемногу сужаться до «сколько весил кусок запеченной рыбки с картошечкой, которой я наслаждался такого-то числа такого-то месяца такого-то года». Проходя через выяснение вклада, каковой, по мнению респондентов, вносят материальные факторы в качество жизни, еда — в материальную сторону жизни, обед — в еду, второе блюдо — в обед и, наконец, сами понимаем, кем именно приготовлено блюдо. Каждое такое представление общего через частное должно происходить посредством синтеза в мозгу социолога модели явления и, желательно, модели отражения явления в сознании людей.

При этом в анкете могут присутствовать вопросы разных уровней — и предельно конкретные, сгенерированные на нижних уровнях, и довольно общие, формулирующиеся на верхних уровнях, причем общие и формулируются более «общо», в таком интуитивном плане.

К самой технологии социологи предъявляют несколько требований, например нужно, чтобы сами результаты были устойчивы, то есть не изменялись более чем на сколько-то при таких-то изменениях технологии (например, при замене экспертов) или при повторении измерений. Правда, во втором случае мы сталкиваемся с новой проблемой. Любая анкета влияет на респондента, и применять ее во второй раз может быть некорректно. А если мы применяем ее для другой выборки, то возникает проблема: а не изменилось ли реальное состояние объекта?

При составлении анкеты и проведении опроса важно обеспечить малое влияние измерения на объект. То есть то, как мы формулируем вопросы и располагаем их в анкете, как мы формулируем варианты ответов и как располагаем их в вопросе, какими глазами смотрит интервьюер — все это не должно изменить внутреннее состояние респондента. Сложные вопросы должны быть в середине анкеты, вопросы должны группироваться в смысловые блоки и разделяться текстом, «переключающим» внимание, вопросы могут строиться уточняющей цепочкой. При составлении анкеты надо почаще спрашивать себя: не содержится ли в самой формулировке вопроса что-то, что влияет на мнение респондента? И надо предусмотреть выбор «затрудняюсь ответить»: если его нет, возрастает уровень шума. Кроме того, в письменной анкете один и тот же ответ будет выбираться чаще, если он стоит первым, а если интервьюер задает вопрос устно — то если этот ответ будет назван последним. Сам вопрос не должен быть длинным и не должен содержать в себе текст лишь одного из вариантов ответа (пусть содержит или все, или ни одного).

В психологии доизмерительная стадия — стадия определения: какие параметры описывают ситуацию (то есть человека), как эти параметры собираются в систему, какие существуют системы (или она одна), как эти системы связаны. Этот процесс шел одновременно с разработкой опросников и тестов — можно сказать, что новые величины создавались вместе с приборами для их измерения. Проблема влияния исследователя на объект в психологии еще сложнее, чем в социологии. Психологи спокойно пишут, что важное личное качество психодиагноста — умение расположить к себе клиента. Если я напишу, что я не должен влиять на вольтметр, то коллеги-метрологи вызовут... «психологов».

## Что такое индекс

В физике объединение параметров в комплексный параметр используется редко, да и в технике, если речь идет об индивидуальном изделии, параметры фигурируют чаще всего по отдельности. Кажется, два основных исключения — это объем и мощность. Реже бывает, что параметры трактуются в комплексе, например: годен — не годен. У изделия может быть много параметров, и границы пригодности чаще всего устанавливаются по каждому отдельно (вес от... до..., толщина не более..., частота... плюс-минус...), но иногда, особенно на стадии разработки, условия могут ставиться и хитрее. Расход топлива такой-то при режиме движения таком-то и иной — при ином режиме. Или: попробуйте уложиться в такую-то мощность и такой-то вес, но если сэкономите на мощности, то можно немного перебрать с весом — сделаем трансформатор в блоке питания полегче.

В быту, а также в технике, если речь идет о применении, о комплектации, о создании чего-то из многих изделий, ситуация иная: оценивая пригодность того или иного изделия для эксплуатации, целесообразность его покупки или дарения, мы почти всегда оцениваем сразу много параметров. «Зум у

него, конечно, великолепный, и стабилизация изображения, и в руки взять приятно, дороговат, правда, и вес на грани того, что хотелось бы, впрочем, в этом классе ничего дешевле-то и нет... ладно, беру».

Приведем несколько примеров индексов из сферы социологии и психологии. Например, аналитический центр Левады использует следующие индексы:

— «одобрение политика» — разность положительных и отрицательных оценок,

— «отношение к экономическим реформам» — отношение суммы ответов «жить можно» и «терпеть можно» к ответу «терпеть нельзя»,

— «оценка экономического положения страны» — отношение суммы ответов «хорошее» и «среднее» к сумме ответов «плохое» и «очень плохое»,

Индексами можно считать многие интуитивные бытовые понятия, поскольку они тоже состоят из более элементарных, более простых, иногда даже поддающихся измерению величин. Например, интеллект — что это и из чего он состоит? Люди хотят знать, насколько они умнее окружающих, а еще сильнее хотят узнать, насколько окружающие глупее их. Кроме халтуры, которой завалены прилавки и Интернет, существует большая и серьезная литература по этому вопросу. Прежде всего бытовое понятие умный/глупый не покрывает явления, ибо даже на бытовом уровне видно, что на разных наборах задач ум проявляется по-разному. Так что одна область исследований — существуют ли типы ума, что это за типы, как их измерить в лаборатории и как они проявляются в реальной ситуации, то есть при решении не тестов, а реальных задач. Но даже общеизвестных и классических теорий интеллекта имеется несколько.

Вот другой пример: часто как социологами, так и не-социологами задается вопрос: «Нужна ли России демократия?» В такой постановке вопрос имеет единственный ответ — указание на его нелепость. Что такое «нужно» — даже для конкретного человека определить трудно, кроме разве что простейших физиологических потребностей. Хотя сами люди довольно часто считают, что они знают лучше других людей, что этим другим нужно. Родители знают, что нужно ребенку, члены семьи знают, что нужно другому члену семьи, начальник знает, что нужно подчиненному. Но даже если игнорировать эту катастрофическую неясность, то можно определить, «что нужно людям», опросив и усреднив, а вот «что нужно России» — ну, тут даже социология бессильна.

Добавок некоторые, узнав, что 57% россиян говорят, что демократия им нужна, радостно заявляют, что все путем... в смысле прямым путем к демократии — то есть к тому, что они, вопрошатели, под этим понимают. Не удосуживаясь поинтересоваться, что под демократией понимают респонденты. А понимают они под ней в первую очередь экономическое процветание (39%), свободу слова, печати и вероисповедания (38%), а также порядок и стабильность (37%), то есть нечто особое, не такое, как на Западе, более того, предпочитают советскую систему — западной (38% против 18%) и предпочитают сильного лидера даже этой российской «демократии» (51% против 30%). Это данные Левада-центра, 2009 год. Знают ли эти цифры уважаемые западные демократы — радители за «российскую демократию»?

## На ком измерять

В технике этот вопрос возникает прежде всего при контроле. Станок, поточная линия, вообще то или иное производство выпускают какие-то изделия. Бывают производства со 100%-ным контролем, а бывают с выборочным: у каждого десятого, сотого или какого-то иного изделия контролируется некий параметр. Выбор частоты контроля определяется просто: прогнозом скорости дрейфа данного параметра, вызванного дрейфом параметров технологического процесса. Ну и,



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

как всегда, стоимостью контроля и «стоимостью» пропуска какого-то количества бракованных изделий. Выборочный контроль — это, скорее, контроль не изготовителя, а получателя. Выбор из партии изделий производится случайным образом, если нет подозрений, что бракованные располагаются детерминированно. Видели небось, как хорошая хозяйка покупает на рынке фрукты, если они уже уложены в корзиночки. Она контролирует нижние слои (для этого есть причины и кроме умысла продавца).

В плане классической метрологии это может быть сопоставлено с выбором объектов или моментов для измерения. Например, мне надо проконтролировать партию в восемь тысяч приборов, сложенных штабелем. Так не надо брать для контроля из последнего верхнего слоя, что было бы проще всего, а надо, увы, брать из всех слоев. И тому есть даже несколько причин. Далее, сколько брать образцов для анализа? А как отбирать пробы воды для анализа загрязнений в пруду? Или вот — нам надо измерить напряжение в сети. А в какой момент надо измерять? Днем или вечером? Или ночью? Или в момент финала чемпионата мира по хоккею? А давление воды в водопроводе — в ходе игры или немедленно по ее завершении? В метрологии эти вопросы не являются вопросами первого плана — их обычно относят в разделы, посвященные контролю продукции. Для социологии эти вопросы фундаментальны. В психологии проблемы составления выборки возникают при разработке тестовых методик.

## Приборы и методы

Для обычного потребителя метрологических данных метрология — это приборы. Причем в основной части метрологии о приборе вопроса нет — напряжение измеряют вольтметром. Вопрос о приборе возникает по мере удаления от основной и погружения в проблемную зону метрологии, то есть в измерение нового, в новых условиях. Разработка новых приборов — это соответствующая область техники, в которой пересекаются собственно метрология и та область, которая заведует начинкой прибора. Разработка приборов для измерений в проблемной зоне, особенно в интересах физики и особенно в физике элементарных частиц и космологии, потребляет большие трудовые и материальные ресурсы и подчас сама по себе — новейшую физику и технологию. При этом создаются уникальные приборы и установки. Приобщиться к этому фантастическому миру легко: спросите Google «ускорители» и «детекторы». Или, скажем, в режиме «картинки» спросите «радиотелескопы».

В социологии ситуация иная. Стандартных приборов у социологов нет, и, похоже, мысль о стандартизации «приборов» мало кому приходит в голову. Причем независимо от того, какими приборами мы пользуемся — анкетой, отчетом о наблюдениях или экспериментом. Связано это с несколькими факторами. Во-первых, анкету трудно перевести на другой язык (потому, что какие-то объекты есть в одной жизни и их нет в другой, а значит, их может не быть и в языке). Во-вторых, даже если все объекты на данном участке смыслового поля и есть, то сами



термины могут быть расположены иначе. Кроме того, самое страшное – одни и те же объекты имеют разный смысл, разное значение в разных обществах и для разных людей.

Даже отчет о наблюдениях, хотя содержит информацию о материальных явлениях, формулируется посредством языка; это же относится к эксперименту. Поэтому часть «языковых» проблем распространяется и на эти методы. Наконец, кто мог бы быть заинтересованным в разработке стандартов социологических измерений? Социологи сами по себе являются носителями какой-то культуры и языка и справедливо считают себя наиболее компетентными именно в своей культуре и способными выражать мысли именно на своем языке. И если на весьма сложные и дорогие междустрановые исследования могут соблазниться и социологи, то сопоставлением стран часто занимаются международные организации, примеров необъективности которых было уже достаточно.

Впрочем, если прибор устроен просто и понятно, то указать результаты сложнее. Например, довольно надежным считается просто устроенный «индекс развития человеческого потенциала». Он составляется из средней продолжительности жизни, уровня образования и уровня жизни (ВВП на душу населения). Примерно понятно, почему взяты эти показатели, но сложнее понять, как выбраны их веса. Видимо, «от фонаря» или, как говорят мои студенты, «рандомно». Возможно, что иногда веса выбираются равными просто для того, чтобы

избежать споров о конкретной цифре. В принципе, веса могли бы подбираться оптимальными под конкретную задачу (скажем, прогнозирование дальнейшего изменения какого-то определенного параметра общества). При наличии банка данных за соответствующий период это несложная задача, но почему-то этим никто не занялся.

Анкеты, наблюдения и эксперименты в социологии — на самом деле не чисто социологические, а в значительной мере психологические инструменты: они применяются к отдельным людям и лишь потом, после обработки, проектируются на общество. Более социологическими в собственном смысле слова являются экспертные опросы, когда специалистам задаются вопросы об обществе в целом. Социологический инструмент — фокус-группы, мозговые штурмы и прочие методы, охватывающие пусть малую группу, но сразу. Причем способом, который подключает, хотя бы в миниатюре, механизмы, реально работающие в обществе (например, давление авторитета). Истинно социологическими можно было бы считать методы, применимые ко всему обществу сразу, методы, интегрирующие мнения отдельных людей. Это вывод на рынок и сбыт нового продукта и услуги, политические выборы, распространение слухов и анекдотов.

В психодиагностике стандартные приборы фактически есть — это основные тесты. Более того, выработка соответствующей системы параметров шла одновременно и вместе с разработкой приборов, то есть тестов.

## Сопоставление результатов, эталоны, обработка данных

Что касается сопоставления разных исследований, то для физики и техники это постоянная и рутинная процедура. В психологии это в принципе возможно — повторно обследовать человека по той же методике. Но реально это затруднено именно влиянием первого исследования на объект, которое сделает сопоставление проблематичным. В социологии нет стандартного инструмента и сопоставление невозможно. В областях, где сопоставление различных исследований не общепринято (а без этого данную «науку» вообще-то и нельзя считать наукой), для такого сопоставления используется специальный термин «метаанализ». Причем наиболее популярен он в... медицине. Из 490 упоминаний метаанализа в Сети (Google, март 2010) к социологии относятся 5, к социопсихологии — 2, к психологии — 3, к медицине — 480.

Принципиально важный вопрос для метрологии — эталоны. Смысл понятен: это то, с чем сравнивается тот прибор, которым мы в итоге измеряем. В некоторых случаях сравнение идет не прямо, а через цепочку промежуточных эталонов, но в целом метрология переходит сейчас на квантовые эталоны, которые реализуются непосредственно «на месте». И ездить в Париж, чтобы с трепетом припасть к платино-иридиевой палке, уже не нужно. А вот эталон килограмма — пока та самая гиря под двойным кварцевым колпаком...

В социологии понятия «эталонного общества» нет, да и откуда ему взяться, если каждый считает, что он все знает лучше всех. Конечно, есть некоторое интуитивное понятие о том, что такое нормальная жизнь, хотя и оно, наверное, заметно различается у американца, китайца и россиянина. В психологии эталона — в материальной форме — тоже нет. Хотя для каждого теста и каждого параметра известно и среднее значение, и нормальный разброс, и для каждого конкретного набора результатов можно сказать, лежат они в пределах нормы, а если нет — то далеко ли они от этой нормы отстоят.

Итак, небольшое сопоставление

	Эталоны	Приборы	Обработка данных	Построение индексов	Сопоставление разных исследований	Проблема выбора объекта
Физика	Есть	Есть	Бывает простая, бывает сложная	Очень редко	Всегда	Редко
Техника	Есть	Есть	Относительно простая	Редко	Часто	Иногда важна
Социология	Нет	Чаще анкеты	Чаще простая, но бывает и сложная	Редко, но развивается	Редко	Важна и сложна
Психология	Нет, но есть норма	Тесты	Чаще простая, но бывает и сложная	Редко	Редко	Нет

Разница в состоянии на сегодняшний день разных областей может быть вызвана различием скоростей продвижения в них, которая, в свою очередь, зависит от сложности проблемы и мощности познавательного аппарата. Многие скажут, что объект психологии (психика человека) сложнее объекта физики (падающего ему на ногу кирпича). Но физика далеко не исчерпывается кирпичами, просто объекты психологии у нас всех перед глазами — это мы сами. А чтобы понять, что является объектом физики, во многих случаях уже нужно неплохо ее знать. Поэтому сопоставление разных наук по сложности их объектов сегодня вряд ли возможно.

Прогноз развития разных областей науки сделать трудно. Автору, естественно, кажется, что метрологическая сторона социологии и психологии будет со временем медленно эволюционировать в сторону естественных наук, физики и техники. Однако вряд ли сегодня согласятся с этой идеей все социологи и тем более психологи.





# Уроки американской школы

Кандидат  
химических наук  
**В.М.Хуторецкий**

*Публикации о проблемах образования в нашей стране вызвали оживленный отклик читателей. Наряду с комментариями и вопросами в редакцию поступили просьбы подробно рассказать о том, как устроена западная школа, с которой, похоже, наши чиновники срисовывают план переделки российского образования. Хорошо бы — об американской школе. К мысли о том, что американское школьное образование ужасно, нас приучили американские же фильмы. Однако везде и всегда есть хорошее и плохое. И если уж рассказывать, то о положительном опыте. Давний автор нашего журнала Валериан Матвеевич Хуторецкий, который уже много лет живет в Америке, подготовил для «Химии и жизни» обстоятельную статью о том, как устроена и как работает хорошая государственная школа в США. В этом году ее закончили внуки-близнецы Валериана Матвеевича, поэтому информация, что называется, из первых рук. Надеемся, что статья будет интересна и полезна не только учителям, но и тем, кому небезразлична судьба школьного образования, то есть всем нашим читателям.*

**Н**е надо иллюзий — в Америке тьма школ, где в девятом классе заново учат читать и вычислять дроби, а девочки беременеют уже в средней школе. Но это относится главным образом к школам крупных городов. Многие из тех, кто работают в больших городах (city), стараются жить в соседних маленьких городках (town), где качество жизни выше. Речь пойдет не об американской школе вообще, а только о добротной государственной школе в хорошем пригородном районе. Здесь живет средний класс, к которому относятся лицензированные ремонтники, владельцы мелкого бизнеса, менеджеры разного ранга, риелторы и т. п., а не только, как принято считать в России, врачи, адвокаты и «программисты» всех видов. Недвижимость (дом и участок) в местах с хорошими школами может быть и в два раза дороже такого же по остальным параметрам жилья, что служит преградой для появления нежелательных соседей. Лично мне так и не удалось понять, что же первично — повышенная цена недвижимости или высокий уровень школы, но они, несомненно, связаны. Заметим,

что хорошие школы случаются и в бедных местах, а плохие — в богатых. Выбирая место, где жить, разумные люди, имеющие или собирающиеся иметь детей, смотрят на рейтинг местной школы. А рейтинги тут есть для всего на свете.

## Какие здесь школы

Школы в Америке бывают частные (private; если интернат, то boarding) и государственные или общественные (public). В частных школах и детских садах в 2009—2010 учебном году занимались 10% общего числа школьников и дошкольников США, или 5,5 миллионов человек. Некоторые дети по каким-то причинам не посещают школу вообще (home schooling), например по религиозным соображениям или чтобы окончить школу быстрее. Частные школы дают хорошее образование, но стоимость обучения в них начинается с 10 тысяч долларов в год. Верхний предел оплаты неизвестен, но 35 тысяч — реальная цифра. Общественные — бесплатны.



*В кабинете химии большая удобная доска, на которой учитель пишет формулы и уравнения реакций. В этом же кабинете живут символы праздника, Дня моля — кроты (moles), которые произносятся и питаются точно так же*

Обучение в школе разделено на три ступени: начальная (с первого по пятый классы, при ней же есть обязательный нулевой класс, детский сад), средняя (6—8 классы) и высшая, причем высшую школу в Америке (9—12 классы) не надо путать с высшей школой в России, где так называют вузы. Если переводить точно, то high или secondary school – это «высокая» школа, а higher, tertiary или post-secondary (колледж) — «более высокая», и ни одна из них не высшая (highest). Давайте называть ее старшей, что ли. Каждая из школ всех трех уровней — это полностью самостоятельное учреждение, обычно в отдельном здании и со своим учительским коллективом. Если в городке имеется, кроме одной-двух средних и нескольких начальных, еще и старшая школа, то в нем есть и отдел образования (Board of Education), который определяет, чему, как и по каким учебникам учить в этом округе. В другом городке программа будет несколько другой.

В по-настоящему хорошей школе многие десятки разнообразных курсов, причем многие из них преподают на университетском уровне. Выбор иностранных языков примерно такой: испанский, французский, латынь, китайский, немецкий, итальянский. Отсев в хорошей школе по сути нулевой, тогда как в Нью-Йорке государственную старшую школу оканчивают только 76% белых и 56% черных учеников. В штате Нью-Джерси в среднем отсеивают в государственных школах 1,7%.

Существуют и специальные школы для детей с отклонениями — в ту и другую сторону. В них учатся или особо одаренные (прием по конкурсу!), или требующие особого внимания дети — слепые, глухие, сильно отстающие в развитии. Дети-инвалиды и дети с легкими отклонениями в поведении и развитии посещают нормальные школы; близнецов разводят по разным классам. Есть специализированные школы, например физматшкола Stuyvesant, которую сокращенно именуют Стай, в Манхэттене (аналог московских школ № 2, 57, 179).

Самая дорогая покупка к школе – компьютер, который служит по меньшей мере четыре-шесть лет и стоит около 800 долларов. За год канцтоваров расходуется от силы на 100 долларов. Ланч стоит 2—4 доллара, но можно приносить еду из дома. Чтобы получать бесплатный ланч, достаточно подать соответствующее заявление. Поскольку «хорошая школа в хорошем районе» — понятие неопределенное, то скажем так: Департамент образования США отметил наградой «Голубая лента» 74 из 490 старших школ в штате Нью-Джерси. Таким образом, можем считать, что доля «хороших» школ примерно 15%.

## Учителя и бюджеты

Учителя входят в профсоюз, их зарплата растет со стажем и не зависит от личных достижений. Для работы учителем нужен сертификат от штата, без этого вообще-то вести урок можно только в присутствии «настоящего» учителя. Большинство шта-

тов признают сертификат, выданный другим штатом. Согласно опросу Национальной ассоциации учителей науки, в 2007 году примерно в половине старших и одной трети средних школ была нехватка учителей естественнонаучных дисциплин (здесь эти предметы называют «Наука»). В трудных ситуациях берут предметного специалиста (химика, физика и т.п.), и он год вечерами ходит на курсы для сертификации, ведя при этом занятия в школе. При учебе в четырехгодичном колледже можно взять соответствующий набор дисциплин и получить диплом и учительский сертификат. Примерно около трети курсов должны быть связаны со школьной работой, остальные — общее образование и научная специализация (математика, химия и др.).

Есть и специальные педагогические колледжи, где готовят именно учителей, чаще для начальной и средней школы. С ними не все и не всегда гладко, многие из них никем не аккредитованы. Как находят работу выпускники не аккредитованных колледжей, я не знаю. Может быть, именно из них выходят учителя для «плохих» школ крупных городов и удаленных поселков? Все учителя школы раз в год уходят на двухдневную конференцию по повышению квалификации, занятия на это время прекращаются. Еще где-то день в год учитель проходит дополнительную переподготовку, но тогда его кто-то замещает на уроках. В хорошей школе процентов десять учителей имеют докторскую степень (кандидаты наук), 73% — степень магистра. Нагрузка учителя – пять уроков в день, 25 – в неделю.

По идее, школы должны содержаться муниципалитетами, и в хорошем месте 87% средств действительно поступает из местного бюджета, и только 11% — из бюджета штата и 2% — из федерального. В плохой школе (обычно в бедном районе) картина иная: из местного бюджета поступает только 13%, из бюджета штата — 74% и из федерального — 12%. Средняя зарплата учителя (половина получает больше, другая половина — меньше) в хорошей школе 81 тысяча в год, в бедном районе — 59. Бюджет хорошей старшей школы с четырьмя сотнями выпускников, о которой дальше пойдет речь, в год составляет почти 40 миллионов долларов.

Когда из-за кризиса правительство штата Нью-Джерси срезало дотации хорошим школам, то жители некоторых округов с такими школами проголосовали за добровольное увеличение налогов, позволяющее сохранить высокий уровень преподавания. Надо заметить, что не у всех этих жителей есть дети, но хорошая школа повышает цену недвижимости в ее округе. Я хочу сказать, что они не обязательно альтруисты, они голосуют еще и за сохранение ценности принадлежащей им недвижимости, даже если за это надо доплачивать в форме несколько

более высокого налога. Правительства и штата, и государства гораздо больше заинтересованы в том, чтобы не допустить превращения плохих школ в ужасающие, чем в поддержании уровня хороших школ.

## Учебники, расписание и предметы по выбору

Американская начальная школа отличается от российской не только наличием кондиционеров, которые есть практически во всех учреждениях США, и перетасовыванием классов каждый год. Здесь нет строгой дисциплины в начальной школе: детям не мешают ходить по классу, они могут учиться, сидя в кружок на полу, кто-то может читать сам по себе. Их выводят на поляну около школы, а потом предлагают написать что-нибудь об увиденном: о кусочке коры в траве, червяке или жуке и т. п. Однако к пятому классу все уже сидят за одноместными партами и уроки имеют почти привычный нам вид.

В средней школе вообще нет классов как постоянных коллективов: школьники переходят в разные коллективы для разных предметов, часть которых они уже выбирают сами. Базовые предметы, в том числе входящие в «Науку» — биология, химия, физика и науки о Земле (геология, породы и минералы, земная кора и т. п.), — остаются обязательными. Чтобы иметь право выбрать более сложную программу по предмету, нужно получить по нему в предыдущем году отличную оценку. С 7-го класса можно брать повышенный уровень сложности математики и английского языка. В 8-м классе выбор предметов повышенного уровня сложности расширяется и дается свобода выбора некоторых необязательных предметов: на кулинарию, например, очень много желающих, в том числе мальчиков.

В старшей школе за четыре года надо обязательно пройти три курса более сложной и разнообразной (на выбор) «Науки» и три — математики. В 9-м классе наука — это «Основы химии и физики», в 10-м — биология. Хотя бы один из научных курсов должен быть с лабораторными работами, в хорошей школе — все. Выбор состоит в том, что можно или брать курсы разной сложности (см. ниже), или выбирать более узкие предметы, то есть это может быть экология, а не биология, астрофизика, а не физика и т. п. Обязательны в старшей школе по четыре годовых курса английского языка и литературы, физического воспитания, социальных и исторических наук и хотя бы один художественный курс. В каком порядке что проходить — дело вкуса, поэтому нормально, когда в одном классе сидят десятиклассники и ученики 12-го класса. Каждый зачетный курс, длившийся весь год, дает пять кредитов. Некоторые предметы проходят за один семестр (2,5 кредита). Еще 15 кредитов (три годовых курса) нужно набрать из множества дополнительных курсов, но можно и просто брать еще по курсу в год из обязательных. Сумма к окончанию школы должна быть не менее 120 кредитов. Аналогично устроено университетское образование: общая сумма кредитов и список обязательных дисциплин, остальное — по выбору.

Все учащиеся называются студентами — почему бы и нет? Но вот когда первый раз слышишь о студентах детского сада, то веселишься, конечно. Каждый год и старшей школы, и колледжа имеет свое порядковое название: freshman — первый год, sophomore — второй, junior — третий, senior — четвертый.

Школьные учебники изданы на плотной бумаге, богато и полезно иллюстрированы, правда, из-за этого они очень тяжелые. Их сдают по окончании учебного года, поскольку они еще и дорогие (больше \$100, если хотите собственный экземпляр), потом они переходят другому ученику. Чтобы решить проблему тяжелых рюкзаков, уже во многих штатах ввели ноутбуки, объединяющие все учебники, дневник и домашние задания. У каждого школьника есть запирающийся шкафчик в коридоре, который в конце года освобождают.

Занятия в школе начинаются после первого вторника в сентябре, Дня труда, и заканчиваются 24 июня. Учебный год разделен на четыре четверти, которые не связаны с каникулами (четыре дня



отдыха на День благодарения в ноябре, рождественские каникулы с 24 декабря по 3 января, предпоследняя неделя февраля и неделя в начале апреля). Занятия идут пять дней в неделю. В старшей школе день состоит из восьми уроков длительностью 43 минуты. За четыре минуты между уроками надо успеть перебраться в нужную предметную комнату (слово «кабинет» здесь означает шкаф), а школа длинная, ведь в ней всего два, редко три этажа. Так что движение в коридорах после звонка весьма и весьма оживленное. После четвертого урока 20 минут отводится на ланч.

В конце учебного года каждый ученик составляет список предметов, включая их уровень сложности, которые он хочет взять на будущий год. Поскольку один из восьми уроков — физкультура, то это семь предметов. Так что он набирает себе программу из семи курсов и согласует ее с советником (см. главу «Советники»). Канцелярия утрясает расписания всех студентов и присылает каждому готовое расписание на следующий год. Поменять учителя нельзя, кто достался, тот и будет.

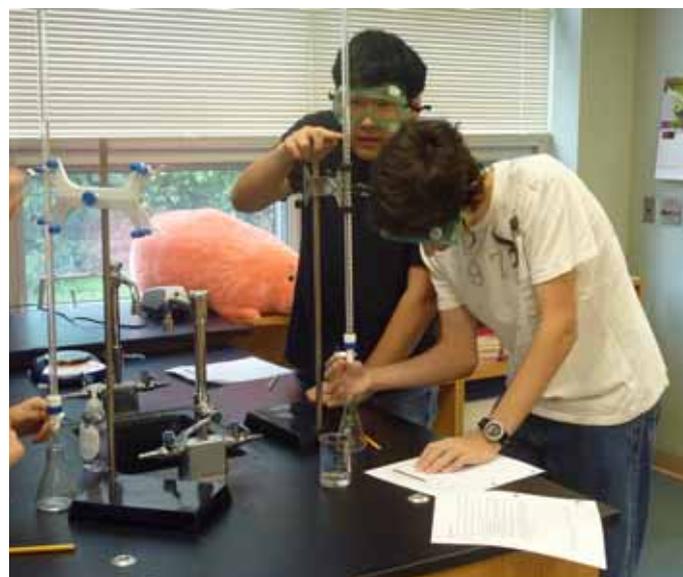
Это расписание включает в себя номер комнаты, куда ты будешь весь год приходить. Например, первый урок каждый день и весь год будет физика (комната 129), второй — всегда история (комната 215), третий — геометрия (комната 117) и т. д. Исключение — физкультура, которая четыре дня в неделю. Обычно за счет нее раз в неделю проводят сдвоенные лабораторные работы. Таким образом, на каждый предмет отводится пять уроков в неделю.

Раз нет классов, то и классных руководителей, в нашем понимании, тоже нет. Каждый студент прикреплен к Home Room, то есть классной комнате. Туда после второго урока на пять минут (поэтому вторая перемена на пять минут длиннее) заходит один и тот же учитель, проводит переключку и следит, чтобы все ученики прослушали текущие объявления по радио, если надо, раздает им учебные материалы или какие-нибудь формы, которые нужно заполнить и потом сдать в канцелярию или медсестре (справка от врача для участия в соревнованиях, разрешение от родителей на экскурсию и т. п.). Если учителю нечего добавить к радиотрансляции, то он распускает учащихся на перемену.

## Типичный урок и домашнее задание

Типичный урок — оживленная лекция. Учитель вовлекает студентов в обсуждение предложенной заранее или излагаемой на уроке темы. Желающие поднимают руку и говорят, учитель подзуживает, обостряет вопросы. Участие в обсуждении — это не опрос, устных проверок знаний здесь не бывает. Некоторые учителя его вообще не оценивают, другие, особенно в языковых и исторических дисциплинах, учитывают по своему усмотрению. Такая форма «добровольного опроса» нацелена на закрепление узанного и выработку собственного мнения, а не на поддержание в страхе: вызовут — не вызовут. Урок зачастую иллюстрируют показом слайдов через проектор с учительского ноутбука, опытов и фрагментов фильмов на иностранных языках.

Домашние задания все выполняют в письменном виде и сдают в классе или по Интернету — каждый день. Вы можете болеть, прихватить пару дней к празднику (записка от родителей) — пожалуйста, только вот домашние задания надо сдать,



*На лабораторную работу по химии (в данном случае это определение плотности жидкостей) уходит полный урок. К концу урока больше половины учеников успевают сделать расчеты, а графики строят дома*

и не откладывая, за все дни отсутствия. Изредка вместо, а то и вместе с домашними заданиями случаются более крупные задания — «проекты». Обычно они гуманитарные. Например — сочинить коротенькую пьеску на французском языке и исполнить ее в классе (и повторить на родительском собрании). Или организовать дискуссию «Вы за совместное обучение мальчиков и девочек или против?»: одна группа студентов собирает аргументы «за», другая — «против», остальной класс судит. Часто задают создать презентации (Power Point), например по теме «Таблица Менделеева». Каждый представляет порученный ему элемент: положение в периодической таблице, свойства, применение.

Совместная работа, team work, рассматривается здесь как важный навык, приобретаемый в школе, поэтому и проекты, и классные работы зачастую выполняют два-четыре человека. В компьютерной науке (основы информатики и вычислительной техники) командная работа — правило, а не исключение. Задача проекта там ставится в самом общем виде: написать любое приложение для iPhone или придумать игру. Ребята сами собираются по два-четыре человека и работают вместе, иногда весь год. Если что-то не получается, идут с расспросами к другим группам, или учитель подсказывает, с кем надо посоветоваться.

Суммарная оценка за проект у разных учителей варьирует, но в целом она держится на уровне крупной контрольной работы. Вклад каждого в проект обычно не выделяют, всем поровну. Кроме домашних заданий есть контрольные работы (короткие, quiz, на 5—20 минут; более подробные, test, на 40 минут) и экзамены.

## Оценки и сложности

Экзамены появляются к концу средней школы, а в старшей их проводят уже каждые полгода. Шпаргалки и списывание на экзаменах и контрольных (но не списывание домашних заданий, особенно в конце 12-го класса!) практически неизвестны. Внутришкольные экзамены, которые составляют сами учителя, могут быть вполне законно подкорректированы, если выясняется, что большинство неважно справилось с той или иной задачей или экзаменом в целом. Тогда проводят шкалирование (scaling): тем ученикам, которые набрали наибольший процент правильных решений, скажем 95%, засчитывают 100%, а остальным добавляють по 5%.

Количество задач или вопросов измеряется десятками; отводимое на экзамен время — 90 минут. Не все, но обычно большинство заданий представляют собой задачи на выбор правильного решения из предложенных ответов. Для подготовки к экзаменам специальных дней не отводят, а сами экзамены идут четыре дня подряд, а то и по два в день.

Все оценки выставляют в буквенной системе: A, B, C, D и F, с добавлением минусов и плюсов. За правильно решенные 93% и более ставят A, 90—92% — A с минусом, и т. д. Только 60% правильных ответов (D-) еще будет зачтено, но меньше — это уже F (failed).

Оценки в школе ставят, но их не сообщают в классе, только родителям и ученику. (Хотя во многих других городах страны сохраняется система ранжирования учеников.) Сейчас родителям просто дают пароль к сайту с текущими отметками их ребенка.

Хотя чужие отметки неизвестны окружающим, ближе к выпуску положение каждого в учебной иерархии не только известно, но и сопровождается заявлением ученика о приеме в вуз. Оно обезличено и представляет собой процентную десятку по успеваемости, в которую попал ученик по своему среднему баллу: первая десятка, вторая десятка. Попадание в первую десятку добавляет к аттестату грамоту «С высшим отличием» (High Honors), во второй и третий — «С отличием» (Honors). В каждом выпуске есть лучший ученик года (valedictorian), иногда два, им предоставляется честь произнести речь перед выпускниками на торжественной церемонии. Другую категорию наград составляют призы многочисленных научных (Intel, Merck, Google и др.) и художественно-гуманитарных конкурсов и олимпиад.

Подача документов в вузы завершается 31 декабря, а к 1 апреля все вузы присылают свои решения, и принятым лишь надо, чтобы их не выгнали из школы до получения аттестата. Поэтому во втором семестре последнего, 12-го класса учатся только энтузиасты или те, кто заканчивают AP курсы (см. ниже). Конкурс в университеты в первую очередь учитывает средний балл за 10—11-й и первый семестр 12-го класса — так называемый GPA (Grade Point Average), куда входят оценки по всем предметам, кроме физкультуры и здоровья, но включая художественные предметы. Поэтому желающих его повесить бывает много, и главный способ для этого — нет, не просто хорошо учиться. Для этого нужно еще повышать уровень сложности предметов, которые ты проходишь.

Каждый предмет в старшей школе имеет четыре уровня сложности. Названия этих уровней отличаются не только в разных штатах, но даже в округах. Довольно типичный набор: College Level или Advanced Placement (AP, Эй Пи); Accelerated или Honors; CPA или standard; и CPB или essential. Два последних означают «Подготовка к колледжу» (College Preparation) A и B. «A» означает обычный, типичный уровень, «B» — чуть пониже. В аттестате эти уровни имеют разный вес. Если максимум в CPA и CPB оценивают в 4 балла, то максимум в Accelerated (Honors) дает 4,33, а в AP — уже 4,67 балла. Отбор на уровень Accelerated проводят по предыдущим оценкам; на AP, кроме этого, надо сдать вступительный экзамен.

Помимо оценки для выбора многих предметов повышенного уровня есть обязательные условия (prerequisites): чтобы взять

продвинутой алгебру 2, надо сдать алгебру 1, а чтобы поступить на AP физику или AP статистику, надо закончить алгебру 2, так что выбор надо планировать далеко вперед. Чтобы остаться на Accelerated уровне на следующий год, достаточно среднего балла B с минусом, но чтобы с него перейти на уровень AP, надо иметь годовое A, изредка могут взять с A с минусом. AP — это высший уровень, соответствует первому курсу университета. Первые три AP курса (европейская история, биология, искусство) разрешается взять в 10-м классе, дальше — больше, а некоторые курсы доступны только в последнем классе.

Самые престижные университеты не рассматривают всерьез аттестаты со средней отметкой ниже 4,25, а это недостижимо без honors и AP курсов. Зато большинство университетов и колледжей в США засчитывают школьный AP курс как пройденный в университете курс. Многие школьники используют эту возможность, чтобы получить диплом бакалавра не за четыре года, а быстрее, что при стремительно растущей плате за обучение (последнее время около 10% в год), может сэкономить десятки тысяч долларов. Кроме того, много взятых AP курсов — это плюс при рассмотрении заявления о приеме в вузы, а конкурс в самые престижные колледжи превышает десять человек на место.

Говорят, что была в школе девочка, которая смогла взять 16 AP курсов. Подруга моей внучки осилила 14, но не с максимальными оценками, что снизило ее главный показатель — GPA. Увы, ее не взяли ни в один из выбранных ею престижных университетов. Советница (см. ниже) устроила ее в университет рангом пониже, куда она поначалу и не подавала документы, правда, на полное обеспечение (full ride): она ничего не платит ни за обучение, ни за проживание.

## Частные экзамены

Средний балл (GPA) — это важно для поступления в вузы, это свидетельство качества усвоения школьного материала, индикатор стабильного интереса к учебе. После него второй по важности показатель — результаты экзаменов, проводимых частными организациями. Их цель — определить, насколько ученик готов продолжить учебу в колледже, то есть оценить его способности и рабочие навыки, а не сумму накопленных знаний. Для них школа в свободный день предоставляет место и учительский присмотр.

Эти экзамены платные и сдают их только те, кто собираются поступать в колледж, но в хорошей школе это практически все. По сути таких экзаменов два: SAT (Sholastic Assessment Test) и ACT (American College Testing), хотя в более распространенном SAT есть дополнительные разновидности. Сдавать можно любой из них или оба и в любом классе. Проводит SAT та же организация, College Board, которая проверяет и оценивает AP экзамены.

Обычный SAT (есть еще предметные SAT или SAT II, которые оценивают именно знания по химии, физике, экономике, языку и т. п.) состоит из трех частей, каждая из которых имеет вес максимум 800 очков: это критическое чтение (critical reading), куда входит проверка способности учащегося анализировать тексты, в частности, сравнить два текста разных авторов на сходную тему; письмо (writing) — умение выбирать правильные средства для передачи мысли, в частности за 25 минут надо написать сочинение, желательна на пять параграфов с введением и заключением; и основы математики. Кроме заданий на выбор из четырех возможных вариантов, в SAT есть и задания, требующие ответа в свободной форме, причем сложность заданий различна. Он длится 3 часа 45 минут, и время редко бывает лишним.

Конечно, тестирование на сообразительность по такой системе напоминает упражнение в решении задач на скорость и тем самым позволяет оценить только способность решать проблемы, не требующие глубокого размышления, но ведь такие задачи, собственно, и предстоит решать в колледже. Кстати, способность концентрироваться на четыре часа — тоже умение, важное в колледже. Такой экзамен годится для того, чтобы ранжировать учеников для поступления в приличные,

но не самые престижные университеты. Он проводится много раз в год, его можно пересдавать, правда с 2011 года это стоит уже 50 долларов (в прошлом году было 25). В соответствии с будущей специальностью, требования университета к SAT различны в зависимости от специальности, которую выбрал абитуриент: если вы будущий артист, то математическим разделом могут вообще не интересоваться.

## Советники

Итак, выпускник получает два важнейших документа: запись отметок аттестата с GPA и результаты SAT и/или ACT. Третий обязательный компонент для успеха при поступлении — это рекомендации, и самая важная из них — школьная характеристика. Советники (Guidance Counselor), которые пишут эту характеристику, играют заметную роль в школьной жизни. Они дают учащимся советы по поведению в школе, выбору предметов на год, изменениям в личном расписании, но, конечно, главная их работа — поступление в вузы. Их задача — знать студентов, а их по 50—60 на советника только в выпускном классе, поэтому они раздают студентам опросные листы, общаются с учителями по поводу своих подопечных и просто призывают их самих заходить почаще. С вопросом «Почему у моего Васи двойка по геометрии?» можно прийти прямо к учителю математики, но все остальное — к советнику, классных руководителей в школе нет.

При поступлении учитывается общественная деятельность — знакомо звучит, не правда ли? Практикуется система рекомендаций из тех мест, где абитуриент работал, по найму или добровольцем. Отдельные учителя, а также внешкольные преподаватели и тренеры художественных, балетных, спортивных, религиозных школ, студий и клубов могут дать свою рекомендацию — по просьбе студента, конечно. Все рекомендации направляются прямо в приемную комиссию (Admission Office) вуза, рекомендуемый их не видит.

Практически все вузы при поступлении требуют несколько рекомендаций и два-три кратких сочинения на свободную или заданную тему: от стандартной «Почему наш университет?» до экзотики типа «А как ты мог бы использовать умение писать задом наперед?». Эти сочинения — не вступительные экзамены (хотя кое-где и они практикуются), это дополнительный, помимо рекомендаций, материал для изучения личности поступающего.

При отборе студентов ценятся достижения в любом виде деятельности, особенно конкурсные. Будущий химик, имеющий диплом лауреата фортепианного конкурса, имеет преимущество при поступлении. Почему? Потому, что этот диплом показывает, что человек может чего-то добиться, победить, а химии научим. Спортивные достижения приветствуются, но в различных вузах в разной мере. В одних перспективных спортсменов ищут, приглашают и полностью или частично освобождают от платы за обучение и проживание. В других это плюс, но при прочих равных. Широко практикуется система собеседований (интервью), которые зачастую проводят прежние выпускники этого вуза, живущие или работающие неподалеку от абитуриента. Бывает и другая схема: представитель приемной комиссии приезжает в места, где много абитуриентов, и проводит интервью с ними в какой-нибудь из близлежащих школ.

По окончании 11-го (не последнего!) класса ученик обычно имеет согласованный с советником список потенциальных вузов для поступления. В нем три примерные градации: на пределе возможного, свой уровень и запас, куда вроде бы должны точно взять. Обычно список состоит из 10—15 названий. Хорошо бы больше, ведь многие выпускники 2011 года получили в ответ на них одно-два предложения, некоторые — ничего, но все имеет свою цену: в 2011 году подача каждого заявления стоила 75 долларов, плюс рассылка SAT в каждый колледж сверх первых пяти — еще пятнадцать (результаты примут только от проводившей экзамен организации).

Колледжи выбирают не только по Интернету или очень ин-

формативному печатному справочнику «Fiske Guide to Colleges», включающему только 300 лучших из них, менее 10% от общего числа. В каникулы и выходные множество родителей с детьми путешествуют по стране, посещая дни открытых дверей в предполагаемых местах будущей учебы, чтобы самим увидеть, где дитяtko будет жить, что есть, чему и как его будут учить.

## Математики, химики, гуманитарии

Беда американской школы — математика. Запуганные ее жупелом педагоги ввели в средней школе «связанную с жизнью» математику (connected math), которая «доходчиво», то есть по готовым формулам, учит вычислять площадь амбара или периметр забора. Хотя в средней школе самое бы время оттачивать способности к абстрактному мышлению. В результате у детей развивается не понимание, а страх перед той самой дисциплиной, которая призвана создавать упрощенный, идеализированный образ сложных явлений в естественных науках. Если дома понимают, что происходит, и помогают ребенку, то можно уйти на год вперед: получить «отлично» в седьмом классе и в восьмом взять вместо Connected math нехитрую, но хотя бы разумную алгебру 1. Строгая математика появляется только в геометрии за 10-й класс или AP курсах математического анализа (Calculus).

Компьютерные классы в школе оснащены вполне прилично, но без роскоши. Их два в математическом департаменте (для геометрии и информатики) и два в художественном, где проходят уроки архитектуры и компьютерной графики и дизайна. На уроках информатики изучают языки программирования Visual Basic и Java и реляционные базы данных.

Естественнонаучные предметы преподают на вполне достойном уровне. Обязательная химия в средней школе — это Периодический закон, строение атома, валентность и связи, молярные отношения, выражение концентраций. Биохимию проходят в курсе биологии, в нее входят метаболические циклы, строение углеводов, белка и ДНК. Годичный AP курс химии в старшей школе включает в себя газовые законы, строение кристаллов и растворов, кислотность и основность, окислительно-восстановительные реакции, строение молекул ( $\sigma$ - и  $\pi$ -связи, гибридизацию, основы теории орбиталей, хиральность, изомерию), равновесия, уравнение Аррениуса и кинетику, начала органической и аналитической химии. Освоение такого курса в школе — серьезный труд, впрочем, то же относится и к курсам биологии и физики.

В лабораторных работах используют как нехитрые инструменты типа электронных весов, горелок, пипеток, бюреток, так и старый надежный спектрофотометр Spectronic 20, разработанный еще в конце 50-х и многократно модифицированный. Если кто помнит советский СФ-4, то Спек еще компактнее и проще. Результаты усредняют: «один опыт — не опыт».

Однако большинство выпускников школы выбирают на будущее гуманитарные специальности: политику, бизнес, искусство, психологию, языки, поэтому гуманитарная составляющая американского обучения проходит на очень высоком уровне. Мировая литература, кино и общество, Ближний Восток, русская история, макроэкономика, правительство США, шесть уровней китайского, четыре испанского — это просто примеры навскидку из предлагаемых гуманитарных курсов. С самого раннего возраста ученики усваивают конструкцию не только предложения, но и всего сочинения. Школьное сочинение (essay) в средней школе по любому предмету состоит не просто из введения, обсуждения и заключения. Расположение, назначение и объем каждой фразы в нем определены и закреплены многократным практическим повторением. В старшей школе для уроков творческого письма (есть такой предмет по выбору) дети ежедневно пишут по одной странице произвольных текстов или по рассказу раз в неделю.

Хотя в старшей школе обязательны только два года иностранного языка, колледжи обычно требуют не менее трех лет, и те, кто собираются поступать, вынуждены этому следовать.

Французский язык, начатый в 6-м классе (в начальной школе вполне без толку проходили испанский), дети знают достаточно хорошо, чтобы спокойно читать в оригинале «Маленького принца» и расспросить о дороге в Париже. С предметами по эстетическому воспитанию (живопись, рисование, кино, танцы, музыка, драма и пр.) здесь все в порядке, но подробнее о них говорить не будем. Подрабатывая летом в кинотеатре, моя внучка теперь не столько отрывает корешки билетов или продает попкорн, сколько расписывает стекла входной панели сценами из новых фильмов — хорошо учили рисованию и живописи, стало быть.

## Не только уроки

По окончании учебного года в начальной, да кое-где и в средней школе устраивают Клубничный фестиваль (Strawberry Festival) — праздник на школьном дворе со множеством аттракционов, лотереями, состязаниями (какой визг стоит при перетягивании каната!), призами, мороженым, хот-догами. В это время действительно поспевают клубника, но в наши дни это уже к празднику отношения не имеет. В общем развлечении участвуют полицейские: измеряют своими радарными скоростью бросания бейсбольного мяча. Одного из учителей приносят в жертву: сажают над прозрачным ящиком с мишенью, заполненным водой, и, если кто-то попадает в мишень, люк открывается и... жертва веселится со всеми вместе — жарко же.

В средней и особенно в старшей школе, где нет постоянных учебных коллективов, социальная жизнь разводит детей по группам, «кликаем». В школе есть родительский комитет, почти на все мероприятия, кроме дискотек, родителей приглашают. Развлечения не заслоняют учебу, но создают благоприятный фон. В школьных печатных журналах публикуют литературные произведения и рисунки студентов, обычно из домашних заданий повышенных курсов. Школьная библиотека выписывает 140 журналов, включая некоторые научные. В холлах и коридорах сменяют друг друга выставки работ школьников, популярны концерты школьных оркестров, спортивные соревнования с другими городками, но центральное событие года — постановка мюзикла, на который собирается вся школа; даже баскетбольный матч учителей против учеников не вызывает такого наплыва зрителей.

Как известно, даты в США начинаются с месяца, поэтому 23 октября отмечают День моля (не забыли —  $6,02 \times 10^{23}$ , число Авогадро). В этот день на химии устраивают пиротехнические безобразия, и пожарную сигнализацию в школе приходится отключать. Число пи равно 3,14 с копейками, так что 14 марта — Pi Day (пай дэй), рекомендованный конгрессом США для празднования по всей стране. Поскольку слово «пирог» (pie) звучит точно так же, то в этот день на математику приносят пироги, естественно, в форме круга, желательно самодельные. Там их тщательно разрезают, и дальше уже никакой математики. Всякий студент, изучающий в старшей школе физику, должен построить из деревянных зубочисток с помощью клея ПВА мост (для игрушечной машины) длиной 25 см и весом не более 60 граммов. Затем в обстановке всеобщего ажиотажа по строгим правилам ломают мосты, прошедшие ранее квалификационный минимум прочности. За самый прочный мост, а хорошие выдерживают и 50, а то и 70 кг, дают награду, которую упоминают в заявлении на прием в колледж.

Невозможно не восхищаться типичными стадионами пригородных школ с полноразмерными футбольными и бейсбольными полями, теннисными кортами, беговыми дорожками, освещением и трибунами на сотни зрителей. Столь же невозможно перечислить все клубы (кружки): дискуссионный, кино, шахматный, философский, ботанический, этнический и т. д., и т. п. Чтобы создать новый клуб, достаточно найти учителя, готового присутствовать на его собраниях (это входит в обязанности учителей), и, если надо, собрать или заработать деньги на его функционирование. Около школ не редкость объявления вроде «Моей машины за 5 долларов для сбора средств на фехтовальную команду».



На уроках физкультуры школьники лазают на высоте 5–6 метров со страховкой. Предварительно, конечно, тренируются на полуметровой высоте

До 12 лет детей запрещено оставлять одних — могут запросто лишить родительских прав, но с 13 лет ребенок имеет право работать, и многие начинают подрабатывать репетиторами или присматривая за маленькими детьми. Надо заметить, что работа старших школьников скорее правило, чем исключение. Это и возможность познакомиться с разными сторонами бытия (как вам — месяц обихаживать тропинки в национальном парке на Аляске, потом недельная экскурсия по этому штату?), и способ заработать карманные деньги. Просто так их и миллионеры не дают: непедагогично.

В религиозной и даже ханжеской Америке как религия, так и пропаганда атеизма в государственной школе не допускаются. Вообще вмешательство округа в учебный процесс — редкость. Но вот пример: захолустный школьный округ в Пенсильвании проголосовал за введение в школе, кроме эволюционной теории, еще и креационизма (точнее, так называемой теории разумного замысла — *intelligent design*). Бурный протест образованных учителей и родителей привел ко второму «обезьяньему процессу» — судебному разбирательству, точку в котором пришлось ставить уже Верховному суду США в 2005 году.

Зато в школе учат терпимому отношению к разного рода «инаковости», от расы до сексуальной ориентации. Азиатские дети в хорошей школе составляют на глаз процентов 10–15, афроамериканские — около двух. Расовые трения в хорошей школе обычно не бывают серьезными. Во всяком случае, среди друзей моих внуков представлены все расы.

## Мотивация школьников

Моя шустрая внучка еще в шестом классе спросила китайскую подружку, круглую отличницу: «Чего надрываться ради А (пятерки), в чем разница, если будет А с минусом?» — «Разница будет в колледже, в который ты сможешь поступить», — был немедленный ответ.

Есть внутренняя мотивация, когда человек жить не может без знания и понимания, будучи даже в совершенно неподходящих для учебы условиях, как у Сократа, Ломоносова, нашего уже покойного современника, математика (и не только, он много для биологии сделал) И.М.Гельфанда. Сходное, пусть не столь масштабное, явление — ученики спецшкол в России и Америке.

Мотивация внешняя — это прежде всего установка в семье и стремление поступить в более престижный колледж. В развитии такой мотивации большую роль играют также учителя и сверстники, друзья: «С кем поведешься...». Вот внешнюю мотивацию и создает среда, в которую попадают ученики хороших школ. У молодой американской семьи среднего достатка есть выбор: купить (в рассрочку, конечно) роскошный дом в округе с посредственной школой или скромный домик в районе хорошей школы. Те, кто выбирают второй вариант, попадают в круг соседей-единомышленников: людей, ценящих образование своих



детей выше личных удобств. В этой среде будут лучшие учителя, получающие в хорошей школе более высокую зарплату и работающие в нормальной человеческой атмосфере, будут сверстники, прошедшие отбор на мотивацию, если не внутреннюю, то хотя бы под давлением своих семей. Не вижу здесь большой разницы с российскими хорошими школами, лицеями, гимназиями и т. п.

Не желающих учиться хватает везде, дело в степени нежелания. Количественных данных у меня нет. Скажу так: в хорошей школе отнюдь не все рвутся к знаниям, но не бывает такого, чтобы кто-то пытался сорвать урок. Когда половина хочет учиться, а другая не знает, чего она хочет, то учеба идет вполне успешно. Если же в классе половина активно не желает ничего делать, то единицам, которые хотят учиться, приходится туго. Трудно ожидать от ребенка высокой мотивации к учебе, если он ест один раз в день — на бесплатном ланче в школе, поскольку его родители все тратят на наркотики или пропивают. Есть города, где дети, получающие бесплатный ланч, составляют абсолютное большинство, пусть он и не единственная их еда за день.

## Заклучение с послесловием

Я рассказываю лишь о своем опыте и не пытаюсь убедить вас, что американская школа — лучшая в мире. Я начал рассказ с того, что есть совершенно ужасающие школы и их, вероятно, не меньше, чем хороших. Но подчеркиваю, что рядом со школой моих внуков, вперемешку есть и плохие школы, и школы такого же уровня, как у них. Я бывал в них, говорил с родителями, читал о них отзывы, смотрел их рейтинги. Наша — не исключительная.

Американская система школьного образования не идеальна, но в своей лучшей форме она отвечает запросам современного постиндустриального американского общества. По существу, выбор вариантов обучения в ней свободен только в одну сторону — где труднее, то обязательно. Хотя еще один выбор, пожалуй, тоже есть: не хочешь учиться — не учишь (после 16-летия). Не все учащиеся могут использовать предоставляемые им возможности полностью, нужен природный минимум способностей и постоянное внимание, да-да, «семья и школы». Лучшие американские школы хороши, но системы, которая обеспечивала бы всем равные возможности для развития, здесь нет. Да и где она есть или хотя бы была?

Вчерне закончив эти байки, я сел читать «Химию и жизнь» за июнь 2011 года и обнаружил статью «Чему учить на уроках химии?». Мне кажется, что мои заметки вполне согласуются с некоторыми высказанными в ней мыслями. Гуманитарный крен в американском школьном образовании уже привел к тому, что специалистов по компьютерным и даже некоторым естественным наукам и технологиям приходится импортировать. Это легко осуществимо для США из-за более высокой зарплаты и лучшей организации работы. У России и в перспективе нет такой возможности, оставшихся бы удержать, поэтому система школьного образования для нее нужна самодостаточная, гораздо более научно-ориентированная, чем в США. Ведь из технаря переqualificироваться в гуманитария можно, а в обратном направлении не получается.



# О пользе специй

Доктор химических наук  
**Я.И. Яшин,**  
кандидат химических наук  
**А.Я. Яшин**

Наверное, нет такого человека, который бы при готовке не использовал специи. Некоторые употребляют их довольно скромно (поперчил, посолил — и все), но есть настоящие гурманы, которые держат дома целые палитры пряностей (конечно же речь не о стандартных смесях в красивых пакетиках) и знают, какие из них годятся к рыбе, какие к мясу, а какие к овощам. Есть народы, которые вообще не представляют себе кулинарии без острейших и разнообразных приправ. Далеко за море ходить не надо — то, что грузинская или абхазская хозяйка считает диетическим супом, москвичу покажется колоритным образчиком национальной кухни. Возникновение таких кулинарных традиций вполне объяснимо, ведь в теплом климате пряные приправы помогают сохраниться продуктам. Давно известно также, что они возбуждают аппетит и улучшают пищеварение. Но по большому счету полезно ли активное употребление специй для здоровья?

Пряно-ароматические растения люди знали еще с древних времен, о чем свидетельствуют многочисленные находки

Таблица 1

## Содержание антиоксидантов в специях

Специи	Антиоксиданты и другие биоактивные соединения
Чеснок	Аллицин, диаллилсульфид, аллилизотиоцианат
Лук	Кверцетин, дипропилдисульфид
Перец красный	Капсаицин, -токоферол, лютеин, -каротин, витамин С
Розмарин	Карназол, карназидовая кислота, гераниол, -каротин, апигенин, нарингин, лютеолин, кофейная, ванилиновая и розмариновая кислоты
Горчица	Аллилизотиоцианат, -каротин
Шафран	Кроцетин, кроцин, -каротин
Бasilik	Апигенин, лимонен, антоцианины, гераниол, кемпферол, п-кумариновая кислота, кверцетин, рутин, катехины, танины
Кардамон	Кофейная кислота, лимонен
Кориандр	Кверцетин, кофейная кислота, гераниол, феруловая кислота, кемпферол, рутин
Орегано (душица)	Апигенин, лютеин, мирицетин, кверцетин, кофейная, п-кумариновая и розмариновая кислоты
Мята перечная	Ментол, лимонен, гесперидин, аскорбиновая кислота, витамин Е
Тмин	Тимол, апигенин, -каротин, лимонен, галловая, кофейная и розмариновая кислоты

По данным Kaefer C.M., Milner J.A. *The Role of Herbs and Spices in Cancer Prevention. J. Nature Biochemistry*, 2008, т. 19, с. 347–361)



Фото С. Комарова

археологов. В Европе специями и пряностями заинтересовались в XVI—XVII веках. Некоторые из них ценились на вес золота, а чтобы их доставить из стран Азии, снаряжали целые флотилии. За места произрастания специй и рынки их сбыта в Европе страны даже воевали друг с другом.

Про целебные свойства специй известно также довольно давно. Например, в Аюрведе, традиционной системе индийской медицины, шафран применяют при астме и других заболеваниях органов дыхания, для очищения лимфы, почек и печени, при сердечно-сосуди-

стых заболеваниях. Ему приписывают уйму чудодейственных свойств, эту специю называют даже царем пряностей и пряностью царей.

Такое же чудесное лечебное средство — куркума. В Индии ей лечат гепатит, все кишечные инфекции, язву желудка и повышают иммунитет. Куркума — прекрасный природный антибиотик. Она очищает кровь, полезна при астме, диабете, анемии. Кардамон стимулирует нормальную работу желудочно-кишечного тракта, лечит ишемическую болезнь сердца, нормализует кровообращение в сосудах, обладает отхаркивающим и спазмолитическим действием при бронхитах. Гвоздику используют для лечения поноса, выведения глистов, различных форм грибковых заболеваний, при воспалении мочевыводящих путей, при головной и зубной болях, а также при простудных заболеваниях. Плоды аниса и его препараты применяют при бронхитах, для уменьшения спазмов гладкой мускулатуры кишечника, как слабительное, при воспалении почек и мочевого пузыря, для выведения песка из мочевыводящих путей, для стимуляции секреторной функции печени и поджелудочной железы.

Имбирь — едва ли не самая полезная пряность. Древние считали его панацеей: простуды, астма, ангина, воспалительные заболевания полости рта, кожные и аллергические заболевания, нарушение мозгового кровообращения — далеко не полный перечень недугов, которые он облегчает. Фенхель помогает при желудочно-кишечных заболеваниях и при заболеваниях дыхательных путей, майоран — при головных болях, корица

Таблица 2

## Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в разных специях

Название специи, приправы	Производитель	ССА, мг/г
Перец чёрный молотый	Суко́риа S.A., Польша	50,9
Корица молотая	«TRS WHOLESALE Co., LTD», Великобритания	27,8
Перец белый	Пр-во Индонезия, расфасовано «Юнитрейд», Москва	24,6
Куркума		22,8
Орегано (душица) измельчённый	ООО «Котани», Москва	21,3
Майоран	Пр-во Польша, расфасовано ИП «Соколов», Москва	19,4
Эстрагон	Пр-во Польша, расфасовано «Юнитрейд», Москва	15,8
Зелень петрушки сушеная	Суко́риа S.A., Польша	14,3
Корица	ООО «Фирма НЭП», Россия, Орехово-Зуевский р-н	14,1
Приправа для пиццы и запеканок	Суко́риа S.A., Польша	11,8
Перец красный острый	Суко́риа S.A., Польша	10,5
Бasilik	Суко́риа S.A., Польша	10,2
Имбирь	Суко́риа S.A., Польша	9,6
Шамбала (пажитник)		9,3
Шалфей	Пр-во Россия, расфасовано ИП «Соколов», Москва	9,3
Розмарин	Пр-во Россия, расфасовано ООО «Юни-н», Москва	9,0
Анис	Пр-во Сирия, расфасовано ООО «Агропрофтехника», Мытищи	8,4
Приправа для плова	Суко́риа S.A., Польша	8,0
Гвоздика		8,0
Приправа для жарки мяса	Суко́риа S.A., Польша	7,1
Тимьян	Пр-во Голландия, расфасовано ИП «Соколов», Москва	7,0
Чабер	Пр-во Россия, расфасовано ООО «Юни-н», Москва	6,6
Кумин	Пр-во Сирия, расфасовано ИП «Соколов», Москва	6,0
Карри (перец черный и красный, имбирь, куркума, гвоздика, лист карри, кумин, шамбала)	Пр-во Индонезия, расфасовано ООО «Агропрофтехника», Мытищи	5,3
Горчица (семя)	Пр-во Россия, расфасовано ООО «Юни-н», Москва	4,3
Кунжут	Пр-во Индия, расфасовано ИП «Соколов», Москва	3,5
Приправа в подарок!	ООО «Славянский пищекомбинат», Москва	3,3
Тмин	Пр-во Латвия, расфасовано ООО «Агропрофтехника», Мытищи	2,8
Фенхеля плоды	ЗАО фирма «Здоровье», Москва	2,4
Хрен	Пр-во Германия, расфасовано ООО «Юнитрейд», Москва	2,1
Пастернак	Пр-во Германия, расфасовано ООО «Юнитрейд», Москва	2,1
Кардамон	Пр-во Индия, расфасовано ИП «Соколов», Москва	2,1
Лавровый лист	Суко́риа S.A., Польша	1,8
Кориандр молотый	Суко́риа S.A., Польша	1,6
15 трав и специй (приправа универсальная)	Galina Blanca S.A., ЗАО «Юроп Фудс ГБ», Нижегородская обл.	0,7
Барбарис (сушеный) (прекрасная добавка к плову и мясу)	ООО «Волшебное дерево», Москва	0,5
Универсальная приправа (традиционная)	Gallina Blanca, ЗАО «Юроп Фудс ГБ», Нижегородская обл.	0,3



## ЧТО МЫ ЕДИМ

— при нервных расстройствах и депрессии, гриппе и маточных болях, а также улучшает кровоснабжение различных органов и тканей.

Откуда такое разнообразие лечебных свойств? В последние годы выяснилось, что многие специи обладают сильной антиоксидантной активностью, и скорее всего, их полезность объясняется большей частью этим, а также повышенным содержанием витаминов (табл. 1).

Многие специи активнейшим образом убивают микробы. Например, чеснок подавляет сальмонеллу; лук, горчица, клевер ингибируют вредное воздействие микотоксинов. Считают, что это происходит также благодаря содержащимся в специях сильным антиоксидантам и эфирным маслам. Собственно, на этом основана их способность консервировать продукты — убивая вредные бактерии, специи тормозят гнилостные процессы и тем самым удлиняют сроки хранения пищи.

В ОАО НПО «Химавтоматика» на проточно-инжекционном приборе «ЦветЯуза-01-АА» измерили суммарное содержание антиоксидантов в наиболее распространенных специях. Анализируемое вещество окисляли на поверхности рабочего электрода при определенном потенциале и измеряли электрический ток, который при этом возникал (табл. 2).

Видно, что суммарное содержание антиоксидантов в специях различается в сотни раз. Причем ясно, что черный перец, корица, куркума и орегано полезнее, чем «Универсальная приправа». Кроме того, по антиоксидантному показателю многие специи не уступают некоторым хорошим сортам чая, кофе (см. «Химию и жизнь» 2007, №11). Однако чаем никто не лечит от язвы желудка, а куркумой лечат. Что именно в этих чудесных пахучих порошках отвечает за лечебный эффект, ученым еще предстоит разобраться — их только начали изучать. Пока же очевидно, что пряная и острая пища к тому же еще и очень полезная.

*В исследовании также принимали участие кандидат химических наук Н.И. Черноусова и П.А. Федина*

# Перец сладкий, перец жгучий

**Что за растение перец?** Перец однолетний, *Capsicum annuum*, относится к семейству пасленовых. Его ближайшие родичи — помидор, картошка, баклажан. В Старый Свет растение попало из Центральной Америки, где его возделывали за несколько тысячелетий до нашей эры. В России первое упоминание о нем встречается в 1616 году, в рукописи «Благопрохладный цветок, или Травник».

Разговор о перце однолетнем обычно требует пояснения, поскольку его необходимо отличать от перца черного, *Piper nigrum*, который относится к совершенно другому семейству. Видовое название «однолетний» в данном случае не вполне корректно, потому что *C. annuum* — растение многолетнее. Однако за сезон он успевает пройти весь цикл развития от семечка до семечка, поэтому капсикум выращивают как однолетник.

Сорта перца делятся на две группы: овощные и пряные. Овощной перец, называемый также сладким или болгарским, фаршируют, консервируют и режут в салаты. Упряного жгучего перца есть еще два названия: красный и стручковый. Причем второе абсолютно неверно, так как с ботанической точки зрения плоды капсикума представляют собой ложные ягоды — они полые, вздутые, с мясистой кожистой стенкой. Такая форма плодов, напоминающая футляр с семенами, по латыни *capsa*, и дала название роду *Capsicum*.

**От чего зависит вкус перца?** Перец однолетний содержит жгучий алкалоид капсаицин (ванилиламид 8-метил-6-ноненовой кислоты). Основное его количество сосредоточено во внутренних перегородках плода и в семенах, в мясистых же оболочках его значительно меньше. Именно от содержания капсаицина зависит жгучесть перца. А жжется он потому, что капсаицин взаимодействует с болевым рецептором TRPV1, который реагирует также на температуру выше 43°C — отсюда и ощущение пожара во рту у тех, кто переборщил со специей. Кстати, тот же рецептор возбуждает и аллилизотиоцианат (аллилгорчичное масло) — острый компонент горчицы и японского хрена васаби.

В овощных сортах алкалоида очень мало, в сочетании с сахарами и органическими кислотами он сообщает плодам специфический сладко-острый вкус. Но перед тем как пускать овощной перец в дело, его тщательно очищают от горьких семян.

В красном перце капсаицина в десятки, а то и в сотни раз больше, чем в сладком. Впервые попробовав эти плоды, европейцы обнаружили, что они жгучие, как хорошо знакомый им черный перец, ввозимый из Индии. Поэтому новое растение тоже называли перцем, ничуть не заботясь о систематике. Красный перец, молотый вместе с семенами, гораздо острее очищенного.

**Как измерить жгучесть?** Разные сорта красного перца отличаются остротой. Самые мягкие называются «паприка» (от сербского названия перца — *papapr*), более забористые — «чили». Граница между ними чрезвычайно размыта. Первый метод калибровки перцев по жгучести предложил в 1912 году американский фармацевт Уилбур Сковилл. Определенное количество специи растворяли в спирте, а затем разводили подслащенной водой до тех пор, пока трое из пяти дегустаторов не переставали ощущать острый вкус жидкости. Результат оценивали в единицах жгучести Сковилла: например, если образец приходилось разводить в 1000 раз, то его жгучесть равнялась 1000 единицам.

В настоящее время дегустаторов больше не мучают, концентрацию капсаицина в перце измеряют методами жидкостной хроматографии, однако единицы Сковилла остались в употреблении. Содержание 1% капсаицина соответствует примерно 150 000 единицам. Острота сладкого болгарского перца варьирует от 0 до 100 единиц, а самый жгучий в мире перец, включенный в Книгу рекордов Гиннеса, — хабанеро сорта Red Savina оценивают в 557 000 единиц.

**А как же кайенский перец?** Острый кайенский перец — представитель другого вида, капсикума кустарникового *C. frutescens*. Плодики у него маленькие и сморщенные, а жгучесть составляет 30 000 – 50 000 единиц Сковилла. В молотом виде кайенский перец значительно светлее красного стручкового — он бледно-оранжевый или даже серо-желтый, но главное его отличие заключается в пряно-горьком аромате. Другие капсикумы практически не пахнут, поскольку содержат мало эфирных масел. Из мякоти кайенского перца, соли и уксуса, выдержанных три года в дубовых бочках, делают соус табаско. Иногда кайенский перец из-за его остроты называют перцем «чили», но это неверно.

**Чем полезен перец?** Главная ценность овощного перца заключается в обилии витаминов, прежде всего витамина С — аскорбиновой кислоты. По ее содержанию с перцем могут соперничать только шиповник и черная смородина. Капсикум богат витаминами групп Р и В (тиамином, рибофлавином и фолиевой кислотой), а красные, оранжевые и желтые сорта



C. minimum



Capsicum annuum



еще и каротином (провитамином А). Такое сочетание биологически активных веществ хорошо укрепляет сосуды. Плоды капсикума содержат много железа и цинка, а также марганец, медь, фтор и иод. Сладкий перец полезен при авитаминозах, заболеваниях крови, кровотечении десен, малокровии, ломкости сосудов.

Использовать в качестве источника витаминов острый перец под силу только дракону — уж очень он жгучий. Но и от капсаицина большая польза. Он возбуждает аппетит, стимулируют выделение желудочного сока, улучшает перистальтику желудка и кишечника. Капсаицин обладает и бактерицидным действием, поэтому полезен при желудочных расстройствах. Чтобы улучшить пищеварение, можно пожевать и овощной перец, а острый употребляют в виде спиртовой настойки, по 10—20 капель до еды.

Раздражая рецепторы кожи и слизистой оболочки, капсаицин способствует расширению сосудов и обладает местным согревающим и обезболивающим действием. Поэтому красный перец входит в состав мазей, предназначенных для лечения обморожений, суставных и мышечных болей, невралгий. Для этих целей используют также перцовую настойку (наружно) и перцовый пластырь. Тут главное не переборщить. В больших дозах капсаицин действует раздражающе, его даже применяют как средство защиты в слезоточивых газовых баллончиках, где концентрация вещества не должна превышать 1 000 000 единиц Сковилла.

**Паприкаш или лечо?** Со сладким перцем обращаются, как со всяким сочным овощем: режут в салаты, консервируют, тушат, используют в качестве гарнира к мясным блюдам и начинки для пирогов. Но есть «перцовые» кушанья, которые удостоились специальных названий. Самое известное из них, пожалуй, лечо — блюдо из тушеных овощей, в котором помимо сладкого перца непременно присутствуют помидоры и репчатый лук. Точного рецепта лечо не существует, в него могут добавлять разные компоненты, например морковь. На венгерское лечо похож прованский рататуй, куда кроме перца, лука и помидоров входят чеснок, кабачки и баклажаны. Есть еще паприкаш — мясо, тушенное с луком, помидорами и сладким перцем и приправленное сметанным или сливочным соусом с паприкой. Настоящий паприкаш готовят только из белого нежирного мяса. Утка, свинина или говядина для этого кушанья не годятся.

Для горячих блюд лучше использовать красные, желтые и оранжевые сорта сладкого перца. Зеленые могут горчить, если греть их слишком долго, поэтому они уместнее в салатах.

**Что и как перчить?** В отличие от овощных сортов, которые собирают немного недозрелыми, красному перцу дают доспеть. Именно ко времени полного созревания в плодах образуется максимальное количество капсаицина. В супы и маринады иногда кладут целые «стручки», с семенами или без, но чаще их высушивают и перемалывают. Плоды истираются плохо, поэтому на рынке красный перец чаще всего крупномолотый.

Красный перец придает блюду жгучесть и цвет, а если нужен более сложный вкус, да еще и запах в придачу, его комбинируют с другими специями, ароматными и менее острыми. Он неременный компонент таких известных пряных смесей, как хмели-сунели, аджика и карри.

Чаще всего красный перец добавляют в мясные, овощные и рисовые блюда, но в небольших количествах, вместе с петрушкой, укропом, мускатным орехом, он очень украсит отварную рыбу или рыбный суп. Еще реже перчат домашнюю птицу, хотя эта пряность отбивает специфический куриный запах, и совсем редко — яичницу и молочные продукты. Вильям Похлебкин предлагает рецепт курта — сушеного творога, приготовленного из кислого соленого молока и перетертого с красным перцем. Иными словами, поперчить в разумных количествах можно что угодно, главное — сделать это правильно, то есть добавить специю за 5—10 минут до готовности, а не посыпать перцем кушанье, когда оно уже лежит на тарелке. Так и обжечься можно, и вкус блюда отбить.

Единственное исключение из этого правила — птичий перец (*C. minimum*). Он не очень острый, и им можно приправлять готовые блюда, отсюда второе его название — столовый перец. А птичьим его называют потому, что он содержит вещества, которые повышают яйценоскость домашней птицы и улучшают окраску пера.

**Что делать, если все-таки обожглись?** Прежде всего не паникуйте — перец раздражает рецепторы, а настоящего ожога на слизистой не оставит. Не следует заливать пожар во рту водой, капсаицин в ней не растворяется и жжение лишь усилится. Зато этот алкалоид хорошо растворим в жире, поэтому нужно взять в рот глоток молока, мороженого или растительного масла, подержать и выплюнуть. А можно съесть кусок свежего хлеба, вареного картофеля или риса. Они впитают острый алкалоид.



ЧТО МЫ ЕДИМ

43°C - IRPV1 Н. Ручкина



# Запомните меня таким

Евгения и Илья Халь

Вы, мужчины, читающие эти строки, ответьте на мой вопрос: отражались ли вы когда-нибудь в глазах женщины? Я имею в виду, отражались ли вы в них полностью, без остатка, без житейской суеты и обычного самолюбования, как опрокинутое небо отражается в глазах пилота пикирующего бомбардировщика? Да? Вы лжете сами себе! Там, в таинственной глубине зрачков, кроме вашего образа живут неоплаченные счета, завистливые подружки, несбывшиеся мечты. Лишь немногие из нас действительно отражаются в их глазах. И я — один из таких счастливиц. И чем больше радости и доверия, тем тяжелее врать любимой женщине. Но иногда это просто необходимо.

Маша всегда терпеливо ждала моего возвращения из командировок, никогда не спрашивая, где меня носило. А я никогда не рассказывал, потому что моя работа похожа на жизнь крота: так же терпеливо копаю подземные ходы. Паспорта и имена я меняю чаще, чем модница — платья.

Прилетев в Москву за сутки до нашей с Машей последней встречи, я не позвонил ей, лишь отправил эсэмэску: «Возвращаюсь завтра. Встречай в аэропорту». В моем распоряжении было ровно двадцать четыре часа, чтобы найти переводчика-эмпатика, способного выполнить необходимую работу.

Бюро переводов лихорадило от предновогодней суеты. Посетители разделились на две очереди: слева змеилась многочисленная и гудящая, она тянулась к конторке, за которой стоял переводчик-художник. В очереди справа стояли всего несколько человек. Даже не читая табличку на конторке, я мог бы догадаться, что хрупкая и очень серьезная девушка — переводчик-эмпатик. Простой переводчик, без художественных навыков. Я заранее навел справки, но все равно нужно было убедиться воочию, что она действительно может мне помочь.

Высокий широкоплечий мужчина шагнул к девушке и с приятной готовностью протянул ей руки.

— Для кого перевод? — спросила девушка.

— Для жены. — Мужчина, слегка прищурившись, взглянул на табличку с именем девушки: — Наденька, ты это...забацай, как надо, а? Я отблагодарю! А то мне жена вообще мозг проела: ты меня не любишь, не ценишь, у всех подружек мужики как мужики, один ты — Кинг-Конг бесчувственный. И теща довольная, змеюка, исподтишка косяка давит: мол, говорила я, что нельзя эту дворнягу в дом пускать. Дворняга — это я, — уточнил здоровяк.

— Это не от меня зависит, а от вас, — сухо отчеканила Надя. — Может быть, вам стоит обратиться к переводчику-художнику? Юра, — сказала она парню за соседней конторкой, — примешь моего клиента без очереди?

— Нет, не хочу я художественный перевод. Он ненастоящий — это сразу видно! — горестно вздохнул мужчина.

— Неправда! — возмутился Юра. — У меня все подлинное, хоть пробу ставь! Комар носа не подточит, или теща — зуб!

— Ладно, — махнул рукой мужчина, — давай, Надя, попробуем, а там видно будет.

— Думайте о вашей жене, — Надя взяла мужчину за руки,



ФАНТАСТИКА

закрывает глаза, — не думайте о том, как вы ее любите. Представьте ее цветком, птицей или...

Она не успела договорить — в воздухе появилось серое облачко. Люди из обеих очередей затаили дыхание. Облачко качнулось, потемнело, и из него посыпались грязно-серые сухие колючки.

— Ну, елки! — вскричал мужчина. — Ну просил же тебя! Как человека просил!

— Что вы от меня хотите? — с обидой выкрикнула Надя. — Я лишь перевожу ваши мысли. Я — эмпатик, а не волшебница!

— Слышь ты, — мужчина вплотную придвинулся к хрупкой девушке, — я сейчас всю вашу контору спалю к чертям собачьим! Мне начхать!

— Эй, остынь! — Юра перемахнул через конторку и встал перед здоровяком, загораживая собой Надю. — Ты чего к девушке пристал? Я сейчас тебе все сделаю в лучшем виде! Давай руки! — Он взял мужчину за руки, закрыл глаза. — Ты о чем угодно думаешь, только не о жене и цветах, — недовольно пробурчал он.

— Так я...

— Тихо! — Юра слегка покачнулся, и в воздухе появилось радужное облачко. Оно взмыло к потолку, посветлело и лопнуло с тихим хлопком. На плечо здоровяка опустилась крошечная, размером со спичечный коробок, жар-птица. Она склонила голову набок, с интересом рассматривая присутствующих, и вдруг клюнула мужчину в ухо.

— Ай! — вскрикнул тот. — Ты смотри — кусается, зараза, как настоящая.

— Она и есть настоящая. — Юра достал из ящика конторки маленькую клетку и посадил туда птицу. Лицо его было бледным, на лбу выступила испарина.

Да, тяжело приходится тем, кому природа особых способностей не дала, так... мелочи, если сравнивать с эмпатиками-переводчиками, которые работают со мной. Вот те действительно титаны мысли. Я их всех годами выискивал и вылавливал, досадно, что для себя лично использовать не могу. Права не имею. Хотя парочку неоткрытых спецов, вроде Нади, на черный день приберег. И если честно, то я всю жизнь им завидую, даже таким, которые в простых конторах переводчиками вкалывают. Жаль, что мои родители в свое время не попробовали мозговые стимуляторы, изобретенные гениальным Колесником после окончания Второй мировой войны. За день до великого открытия фашистская Германия подписала полную и безоговорочную капитуляцию. На следующий день Колесник подарил миру жизнь без усталости.

Стимуляторы ускоряли мысль и концентрацию в несколько раз, и пользовались ими все, кому не лень: от студентов, которые все сессии сдавали «на ура», и домохозяйек, превратившихся в идеальных жен и матерей, до военных, которые и заказали это изобретение. Только через несколько лет выяснилось, что дети, чьи родители принимали стимуляторы, обладают необычайной способностью к эмпатии: они могут уловить настроение и чувства собеседника и перевести их в визуальный образ.

Стимуляторы быстро изъяли из продажи. Наиболее сильных эмпатиков сразу забрала разведка. Правозащитники подняли крик, тогда на них надавили, приведя неоспоримые доказательства того, что некоторые переводчики опасны для общества и обязаны жить под строгим контролем. Остальные, те, кто послабее, перебивались как могли. На нормальную работу их не брали. Ни один начальник не станет держать сотрудника-эмпатика. Кому нужно, чтобы во время совещания в кабинете появилось изображение секретарши, одетой только в кружевные чулки? Некоторые из переводчиков спились или сошли с ума, некоторые, как Надя, затаились. А такие, как я, ищут спрятавшихся. Учтивая, что дар переводчика передается по наследству, без работы я не останусь.

— Али, — прошептал мой помощник, — может быть, не нужно ее проверять? Мы и так всё уже выяснили, зачем зря людей пугать?

— Всегда есть вероятность того, что информация окажется пустышкой. Кроме того, мне нужно ее подцепить на крючок. А при таком количестве свидетелей она вряд потом отвертится.

Хороший парень, мой помощник Сережа, исполнительный, но звезд с неба не хватает. Зато предан безоговорочно и мне, и работе. Внешность у него настолько выразительная, что никто еще в здравом уме не решился задавать ему вопросы, включая самые безобидные, например: «Который час?»

Терпеть не могу эту часть работы! Противно мне пугать женщину, но выхода нет.

Наконец, подошла моя очередь. Опережая ее вопрос, я протянул руку:

— Меня зовут ли. — И добавил, пока она не переспросила: — Да, именно с таким странным ударением. Мне нужен перевод для моей девушки.

— Сосредоточьтесь на ее образе и закройте глаза. Так будет легче и мне, и вам. — Надя взяла меня за руки. Она сильно устала: лицо бледное, под глазами круги. Это хорошо, будет легче сбить ее с толку.

В моей жизни было много страшных моментов, но я предпочел не вспоминать о них, когда рядом такое количество людей, запертых в стенах бюро переводов. Самым безобидным для окружающих воспоминанием был эпизод из моего далекого детства, когда я играл на берегу моря и меня захлестнуло волной. Она подкралась так незаметно, словно кошка, и...

...я услышал плеск воды и открыл глаза. Одна стена помещения исчезла. Минуту назад там была оживленная, запруженная машинами улица, на которой царил предновогодняя столичная суэта, а теперь вместо улицы разлилось море. Чайки, тревожно крича, кружились над маленькой детской фигуркой. Мальчик играл на берегу. Внезапно он обернулся, посмотрел на меня, и я увидел серьезное детское лицо. Свое детское лицо. А море двинулось навстречу мне. Я и не заметил, как оно подкралось совсем близко.

И тут я услышал первый крик. Люди, замершие было в изумлении, пришли в себя, закричали, прижались к уцелевшей противоположной стене.

— Эта дрянь — сейсмопереводчик!

— Вызовите службу безопасности!

— Спокойно, служба безопасности уже здесь! — Сергей прыгнул и молниеносным, почти незаметным движением ладони по шее вырубил Надю. Она начала оседать на пол. Сергей подхватил ее на руки и понес к машине, припаркованной возле магазина. К сожалению, единственный способ прекратить сдвиг реальности — это вырубить переводчика. Поэтому я ненавижу эту часть работы, если речь идет о женщине.

Я последовал за Сергеем. Несмотря на внешнюю хрупкость, Надя оказалась довольно крепкой девушкой и быстро пришла

в себя. Сергей положил ее на диван в нашем микроавтобусе и заботливо прикрыл пледом. Она села, огляделась по сторонам и с ненавистью посмотрела на меня.

— Меня накрыли пледом, но оставили руки свободными, — в голосе прозвучала издевка, — какая гуманность!

— Наручники и грубо брошенная на каменный пол обнаженная девушка — не мое амплуа, — ответил я и подумал нехвата, почему все женщины в основе своей невыносимо скучны и одинаковы в реакциях. Казалось бы, такая выдающаяся девушка, как сейсмопереводчик, должна хоть чем-то отличаться от остальных. Сейсмопереводчиков назвали этим странным словом потому, что в отличие от других они не просто материализуют мысли. Они сдвигают реальность, буквально снимая с нее пласты, подобно тому, как землетрясение сдвигает кору земли. Это самая малочисленная группа переводчиков. Настолько малочисленная, что многие обыватели считают ее выдумкой, городской легендой. Малочисленная и наиболее востребованная в нашем деле. И не только в нашем. Все, начиная от грабителей банков и заканчивая промышленными шпионами, мечтают заполучить такого специалиста. Но они принадлежат военной разведке, которая цепко держит их в руках. Вернее, я держу их в руках. Правда, нет такого правила, из которого нельзя сделать исключения. И я, давно найдя эту девушку, вычеркнул ее из общих списков. В конце концов, за долгие годы службы мне полагается небольшой бонус.

— Что вы со мной сделаете? — Она пока держится, но голос звучит глухо.

— Заставлю работать на себя.

— А если я не соглашусь?

— У вас нет выбора. — Эту фразу я произношу чаще, чем многие из вас свое имя.

— Я... — Губы ее задрожали.

Начинается. Сейчас пойдут слезы и полтонны носовых платков.

— Давайте перейдем от вводной части к основной, — перебил я ее, не давая расплакаться. — От вас, Надя, мне нужна личная услуга. Обратите внимание на слово «личная». Запирать вас в клетку я не собираюсь. После того как все закончится, отправляйтесь, куда пожелаете. О новых документах и деньгах я позабочусь и лично буду прикрывать, чтобы мои ушлые коллеги не взяли след.

— Так просто? — нерешительно спросила она. — В чем же подвох?

— В переводе, который вы для меня сделаете.

Когда-то в начале своей карьеры я любил аэропорты. Мне нравились суэта, торопливые прощания, радостные объятия, аромат кофе. Вы обратили внимание, что кофе в аэропорту отличается особенным запахом и вкусом? Чуть горше, чуть более пряный — может быть, это вкус расставания? Или новизны?

Мы приехали раньше Маши. Нас было трое: я, Сергей и Надя. Несколько верных ребят караулили снаружи. Они должны были позвонить, когда Маша подъедет к зданию.

Надя нервничала, поминутно облизывая губы, но они тут же пересыхали. А я вдруг с удивлением почувствовал, что еще способен волноваться. Мой мобильник зазвонил.

— Али, — доложил парень из наружного наблюдения, — она подъехала.

— С богом! — сказал я, беря Надю за руку.

— Я вернусь через несколько часов. — Сергей пошел к выходу.

Я закрыл глаза и почувствовал: что-то изменилось. В воздухе, во мне, в Надиной руке, которая вдруг стала мягкой и пушистой. Я открыл глаза и увидел, что держу в руках черную

кошку. У нее были светло-зеленые глаза и тонкий золотой ошейник с подвеской в форме буквы «А» — первой буквы моего имени. В чувстве юмора ей не откажешь!

— Так мне легче привязать себя к твоей реальности, — промурлыкала кошка, заметив мой насмешливый взгляд.

Я совершенно упустил из виду, что Надя не может сохранить человеческий облик в новой реальности, которую она создала из моей мечты, из сна, который я вижу каждую ночь. Но она обязана была находиться рядом. Иногда я думаю: а вдруг обычные кошки — это тоже переводчики?

— Али!

Навстречу мне бежала Маша. Бежала очень смешно, на цыпочках, почти не касаясь тонкими каблучками сапожек скользких плит пола. Каштановые волосы рассыпались по плечам, тонкая черная юбка билась о стройные ноги. Кошка презрительно фыркнула, совсем как настоящая женщина.

Я вздохнул и... пошел Маше навстречу, сначала нерешительно, а потом все быстрее и быстрее. Наконец уткнулся в волосы, пахнущие яблоками. Мы шептались какую-то чушь и целовались.

— Какая прелесть! — Маша погладила кошку. Та немедленно оцарапала ее и отскочила в сторону.

— Она не любит чужих, — пояснил я.

Вы ждете продолжения? А продолжения нет. Смешно — как долго я рассказывал вам о том, что мне пришлось сделать ради нашей встречи. И вы думали, что история будет длиться бесконечно. Но все длинные истории заканчиваются одинаково: встречей главных героев, которые после всех терний пути живут долго и счастливо.

Мы с Машей тоже прожили долго и счастливо. Три часа. Три часа, которых не было в объективной реальности.

Я первый раз в жизни гулял по городу без машины сопровождения, назойливых телефонных звонков, внимательной охраны и неизменного Сергея за спиной. Мы целовались в подворотнях, как подростки, и пили вино, сидя на обледеневшей заснеженной набережной. Я танцевал с ней танго в полупустом ресторане. Нет, не так! Я танцевал!

Но вскоре Надя начала уставать. И я споткнулся, ведя Машу в танце. А лицо официанта вдруг пошло трещинами, словно старинная фреска, и я обнял Машу, чтобы она не увидела, как распадается реальность. Черная кошка, которая все это время была неподалеку, жалобно мяукнула и умоляюще посмотрела на меня.

Я понял, что наступило время прощаться. Там, снаружи, возле несуществующего ресторана, уже стоит машина Сергея, который отвезет Машу домой. Нужно только вывести ее на улицу, чтобы она не увидела, как задрапированные дорогой тканью стены элитного ресторана, превращаются в обшарпанные стены старого гаража на окраине промышленной зоны.

Я посадил ее в машину, но кошка вдруг прыгнула ей на колени.

— Ты не едешь? — испуганно спросила Маша, хватая меня за руку.

— Нет, — ответил я. — Поезжай домой и жди меня там. Я скоро буду.

Вы, женщины, читающие эти строки, знаете ли вы, чего не может вынести мужчина? Я слышу, как вы перечисляете: измена, предательство, равнодушие. Милые мои, наивные мои, ничего-то вы о нас не знаете. Мужчина может перенести все, кроме собственного бессилия в глазах любимой. Иногда мы предпочитаем казаться подонками, этакими флибустьерами, которые играют женщинами и судьбой. Вольный ветер в паруса и семь футов под килем — мы веселы, бесшабашны и



## ФАНТАСТИКА

злы. Кто пытается закрыть нас в теплой клетке с ежедневными обедами и отутюженными рубашками? Маленькая хозяйка большого дома?

Пятнадцать человек на сундук мертвеца! Йо-хо-хо и бутылка рома!.. Нам милее крыша из звездного неба и горький запах костра! И жадные объятия случайной подружки из далекого порта! А под пиратской банданой прячется страх, страх бессилия, но мы предпочитаем, чтобы вы, женщины, запомнили нас такими: веселыми, гордыми и злыми.

И мы убегаем от вас, унося с собой слабость, боль и страх, и топим их в бутылке пиратского рома.

Из этой последней командировки я вернулся безногим куском мяса, брошенным в инвалидную коляску и полностью зависящим от своего помощника Сергея. А Маша... она бы ни за что меня не бросила. Она возилась бы со мной, кутала бы в плед и была бы счастлива, что может принести себя в жертву. Я многое видел в женских глазах: страх, вожделие, звездное небо, но я никогда не видел в них жалости к себе.

Сначала я хотел исчезнуть. Но тогда Маша могла бы подумать, что я погиб, и похоронила бы себя заживо: слезы, стихи да вдовьи платки — в ней так много этой чертовой жертвенности. И тогда я нашел Надю, которая перевела мои мечты и сны в реальность. Об этой встрече я мечтал долгими ночами в больницах, когда, пьяный от наркоза, просыпался в послеоперационном боксе. Мечтал в самолете, когда Сергей поднимался по трапу, неся меня на руках.

Завтра я напишу ей прощальное письмо. Я буду резким, злым и даже грубым. Я объясню, что она слишком пресна для меня и я устал от нежностей. Как там у Чехова? «Женщина, которая читала Спенсера и пошла за тобой на край света, невыносимо скучна!»

Я — вольный пират, надо мной развевается черный флаг. Я — лев, который никогда не станет пить воду рядом с ягненком. А Маша? Выплакав горе, она обидится, потом разозлится и в конце концов вычеркнет меня из жизни.

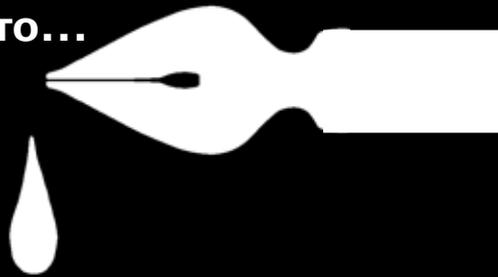
Но она запомнит меня не беспомощным калекой, а сильным, веселым и злым.

И вы, пожалуйста, запомните меня *таким*.





Пишут, что...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Мелатонин под белым светом

Все знают, что окружающую среду загрязняют бытовой мусор или отходы производства. А в Италии (город Тьена) есть целый Институт науки и техники светового загрязнения. Международный коллектив ученых во главе с сотрудником этого института Фабио Фальки исследовал спектры излучения различных ламп, применяемых для уличного освещения, и сопоставил их с данными по выработке мелатонина — важнейшего гормона, который отвечает в организме млекопитающих за работу внутренних часов и обладает противораковым действием («Journal of Environmental Management», 2011, т. 92, № 10, с. 2714).

Как следует из этой статьи, уровень светового загрязнения окружающей среды растет экспоненциально — люди не обладают ночным зрением, в темноте им неудобно, и по ночам они зажигают все больше огней. Однако для окружающей среды, да и для самого человека избыток света не очень-то полезен: в природе по ночам светят только звезды и Луна, и это норма, к которой адаптированы все земные организмы. В частности, поэтому мелатонин вырабатывается только в темноте. А без пополнения запасов этого гормона можно получить серьезное расстройство здоровья.

Искусственное освещение гораздо ярче ночных светил, а кроме того, у него иной спектр. Как показало исследование, наиболее опасны именно те лампы, которые потребляют меньше всего энергии — с белыми светодиодами. Организм легко путает его с излучением Солнца: мелатонин под таким светом вырабатывается в пять раз хуже, чем под желто-оранжевой натриевой лампой. Альтернативные галогеновые лампы тоже заметно ухудшали выработку гормона — в три раза. Отсюда следует практический вывод. Раз уж энергосберегающие синие-белые лампы вскоре заменят оранжевые на улицах городов и обочинах дорог, нужно превентивно уменьшать вред от них с помощью нормативных актов. Например, снижать степень рассеяния такого света, направляя их под большим углом к линии горизонта. А в домах лучше бы применять самый известный способ энергосбережения — выключать свет, когда он не нужен. Кроме того, участники работы требуют, чтобы изготовители ламп указывали спектральную характеристику. Тогда грамотные покупатели, от владельца квартиры до градоначальника, поймут, насколько такие лампы угрожают здоровью, и сделают разумный выбор.

С.Анофелес

...кольцевой ускоритель-коллайдер «Теватрон», расположенный в американской лаборатории Ферми, будет остановлен 30 сентября («New Scientist», 2011, № 2832, с. 9)...

...разработан новый метод оценки периодичности 11-летних солнечных циклов, основанный на аппроксимации циклических изменений средней широты групп пятен («Астрономический вестник», 2011, т. 45, № 4, с. 376—382)...

...предложена модель оптического ускорителя для наночастиц, основанного на использовании системы с плазменной субволновой фокусировкой излучения, который позволяет разогнать нанобъекты до скорости порядка нескольких метров в секунду («Радиотехника и электроника», 2011, т. 56, № 8, с. 970—979)...

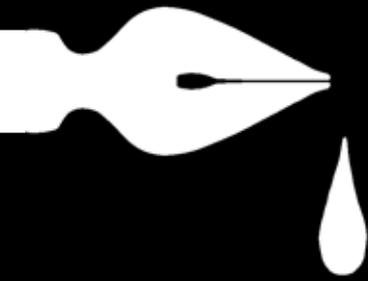
...перспективный способ получения графена — разворачивание углеродных нанотрубок («Успехи химии», 2011, т. 80, № 8, с. 784—804)...

...распространение звука в атмосферном слое перенасыщенного пара с каплями стимулирует обмен фаз «капли—пар» и сопровождается усилением звука и увеличением скорости изменения водосодержания; возможно, вызванная звуком эволюция спектра капель влияет на скорость выпадения осадков («Акустический журнал», 2011, т. 57, № 4, с. 456—460)...

...наиболее адекватный теоретический подход, позволяющий установить границы применимости термодинамики к наносистемам, должен основываться на теории флуктуаций («Известия РАН. Серия физическая», 2011, т. 75, № 8, с. 1133—1137)...

...несмотря на общий экономический спад в постсоветский период и соответственно уменьшение объемов сброса сточных вод, кардинального улучшения качества воды в России, Белоруссии и Украине не произошло, хотя отдельные позитивные изменения отмечены, особенно в Белоруссии («Водные ресурсы», 2011, т. 38, № 5, с. 515—523)...

...на территории России 725 городов подвержены оползновым процессам, в том числе Москва, Томск, Витебск («Геоэкология», 2011, № 4, с. 354—361)...



...кризис с вирулентной формой кишечной палочки в Европе способствовал клиническим испытаниям дорогостоящего биотехнологического препарата с—олирис (экулизумаб), который содержит рекомбинатнтные моноклональные антитела против белка C5 («Nature Biotechnology», 2011, т. 29, № 8, с. 671)...

...недостаток сна может стимулировать переедание и тем самым способствовать развитию ожирения и диабета («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2011, т. 108, приложение 3, с. 15609—15616)...

...женский оргазм не является эволюционным «побочным продуктом» мужского оргазма, так как у генетически родственных женщин и мужчин не выявлена корреляция по способности к оргазму, следовательно, за эту реакцию у женского и мужского пола должны отвечать разные гены («Animal Behaviour», DOI: 10.1016/j.anbehav.2011.08.002)

...задачи сохранения социума у муравьев имеют приоритет перед генетическим родством и видовой спецификой, что подтверждается широко распространенным феноменом смешанных семей («Журнал общей биологии», 2011, т. 72, № 4, с. 269—283)...

...при инбридинге у самок бабочек состав феромона изменяется таким образом, чтобы привлекать неродственных самцов («Известия РАН. Серия биологическая», 2011, № 4, с. 427—435)...

...в московском Институте медико-биологических проблем моделируется оказание экстренной медицинской помощи членам экипажей МКС, в том числе при разгерметизации, отказе систем жизнеобеспечения и повышенной радиации («Авиакосмическая и экологическая медицина», 2011, № 3, с.66—68)...

...проведено полногеномное исследование экспрессии генов в спинном мозге мыши при моделировании невесомости антиорто-статическим вывешиванием («Доклады Академии наук», 2011, т. 439, № 3, с. 416—420)...

...возможный нижний интеллектуальный порог для успешной учебной деятельности по дисциплинам химического цикла составляет 110 баллов по тесту Векслера («Психологический журнал», 2011, т. 32, № 4, с. 83—94)...

Художник А. Анно



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Шерсть улетела с ветром

Может ли ветер, обвеваящий тело бегуна, унести его волосы? Именно так человек потерял свою шерсть, утверждает доктор Дэвид Уилкинсон из ливерпульского Университета Джона Мура («Journal of Human Evolution», 2011, т. 61, с. 169, doi: 10.1016/j.jhevol.2011.02.012).

Строго говоря, мысль о том, что прямохождение и потеря волос на теле человека связаны с адаптацией к жизни в жаркой африканской саванне, впервые высказал коллега доктора Уилкинсона профессор Питер Уилер лет тридцать тому назад. Однако тот рассчитал потоки тепла на калькуляторе, и модель получилась весьма приблизительной. Теперь же с современными мощными компьютерами удалось посчитать тепловой баланс бегущего под африканским солнцем человека как покрытого шерстью, так и без нее.

Расчет показал, что для хорошего отвода тепла нужно выделять немало пота и иметь на теле примерно столько свободных от волос участков, как на теле современного человека. Тогда можно бежать долго, гораздо дольше, чем покрытая шерстью дичь. В результате ее удастся загнать до полного изнеможения. То, что человек потеет гораздо сильнее остальных млекопитающих, известно всем. Получается, что наряду с потерей шерсти этот благоприобретенный признак также способствовал успешной охоте.

А как насчет прямохождения? Согласно идее Уилера, прямоходящего человека и ветер обдувает лучше, что еще сильнее увеличивает отвод тепла. Новый расчет не подтвердил эту точку зрения. «Отсутствие на наших телах волос — прямой результат появления человека в африканской саванне. Вертикально же он встал для чего-то другого», — говорит доктор Уилкинсон. Может быть, не стоит забывать исходную гипотезу — насчет того, что, встав на задние лапы, обезьяна освободила передние, взяла в них палку и начала осуществлять трудовую деятельность?

А.Мотыляев



**Л.А.СУРОВУ**, Санкт-Петербург: *Пищевой консервант E234 — это антибиотик низин, который производит бактерия Lactococcus lactis (она же Streptococcus lactis); эта бактерия наряду с другими участвует в производстве сыров.*

**И.А.НИКИТИНОЙ**, Волгоград: *Приготовить вяленые помидоры в домашних условиях не так уж сложно: четвертинки помидоров, очищенные от семян, надо уложить на противень, покрытый пергаментной бумагой, посолить и поперчить, капнуть растительным маслом, вялить в духовке 5—8 часов при 60—100°C, остудить и уложить в банку, заливая маслом.*

**А.Т.К.**, электронная почта: *Предположение, что темное вещество может образовывать массивные, но невидимые сгустки, не менее опасные, чем астероиды и кометы, не лишено интереса, однако для поиска таких объектов в космосе не обязательно устраивать мировую социальную революцию — на строительство новых огромных приборов в развитых капиталистических странах физикам выделяют не так уж мало средств.*

**В.В.ГОРЯЧЕВОЙ**, Москва: *Чтобы создать эффект небритости, мелко настриженные волосы кисточкой наносят на специальный клей, который продается в магазинах грима, но для короткого эпизода клей можно заменить жирным кремом или гелем для волос; клей для бумаги, как вы, наверно, понимаете и сами, использовать нежелательно.*

**ЕЛЕНЕ**, электронная почта: *Спасибо за поправку; действительно, заболевание под названием Capgras syndrome — по-русски не «синдром Капграса», а «синдром Капгра», поскольку эта французская фамилия произносится именно так.*

**В.АЛЕКСАНДРОВУ**, Казань: *Можно не соглашаться с предположением Эйнштейна, что скорость света предельна для движения материальных объектов, однако пока экспериментальных данных, опровергающих эту точку зрения, не найдено, а вот подтверждающие — имеются.*

**ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ:** *Если у вас возникнут трудности с получением журнала из-за сбоев в работе подписного агентства, вы всегда сможете подписаться в редакции, с доставкой по почте или возможностью забирать журнал самостоятельно.*

# Огненная живопись

**В**ы знаете, как выглядели первые русские ордена — наградные знаки, вручавшиеся за верную службу царю и Отечеству? Это были эмалевые миниатюры (лат. *minium* — киноварь для раскрашивания рукописных книг) — портреты Петра I в золотых оправках, украшенные драгоценными камнями. Носили их на груди на лентах или бантах. В 1698 году молодой русский император привез из Англии несколько эмалевых портретных миниатюр, так поразивших его удивительной яркостью и чистотой красок, тончайшей прорисовкой деталей, гармонией цвета, что он немедленно повелел мастерам Оружейной палаты освоить новый вид искусства — «огненную живопись».

К концу XVII века мастера-эмальеры Москвы, Новгорода, Великого Устюга, Сольвычегодска (до XVI века — Усольск) в совершенстве владели всеми техниками эмали: по гравировке, чеканке, выемчатой, по филиграну на золоте, серебре и меди. Эмалевыми вставками украшали иконы и оклады церковных книг, посуду, ювелирные украшения, оружие и даже мебель. Цветовая палитра поражала богатством и разнообразием оттенков. Особенно хороши были серебряные филигранные изделия с прозрачной эмалью сине-зеленых тонов. Русская эмаль высоко ценилась в мире — своим праздничным, нарядным многоцветием она выгодно отличалась от европейской, в частности, знаменитой лиможской гризайли — эмали в серых тонах по темному фону.

Исполняя царский указ, русские мастера начали овладевать искусством росписи по эмали. Сначала это были стилизованные фигурки людей и животных, простые узоры и цветочные орнаменты. Затем — бытовые сценки, моменты сражений и охоты, зарисовки на библейские и сказочные сюжеты. К середине XVIII века в России появляется живописная портретная миниатюра на эмали. В Академии художеств открывается эмальерный класс.

Давайте понаблюдаем за процессом рождения эмалевой миниатюры. На тонкую медную, выпуклую с лицевой стороны пластинку — круглую, овальную или прямоугольную, длиной от двух до двадцати сантиметров — наносится в несколько слоев грунт — растертая в порошок и смоченная водой белая эмаль. Каждый слой хорошо высушивается и обжигается в муфельной печи при температуре около 800 С. Эмаль расплавляется и становится блестящей и гладкой. На нее, как на холст, огнеупорными красками наносится роспись, эскиз которой предварительно рисуется на бумаге. Краски — это оксиды и соли металлов, смешанные со скипидаром и эфирными маслами, например, лавандовым. Каждая краска имеет собственную температуру плавления и только после обжига обретает свой истинный цвет и блеск. Сколько проб надо сделать мастеру, чтобы точно подобрать нужный оттенок цвета! Роспись осуществляется послойно, и каждый слой сушится и обжигается отдельно. Готовое изделие покрывается фондом — прозрачной эмалью, усиливающей блеск и сияние изображения. Художник-эмальер должен иметь огромный опыт и терпение, безупречный вкус и интуицию, наметанный глаз и крепкие руки. Эмаль не прощает небрежности в работе: плохо загрунтованная пластина обязательно покоробится, недосушенная — вздуется, перегретые краски «утонут», расплывутся, а недогретые сделают эмаль пористой, шероховатой.

Эмалевые живописные миниатюры русских мастеров конца XVIII — начала XIX веков привлекают живой пластикой, выразительностью, лиризмом. Спокоен и тверд Петр I на овальной, размером 7 на 9 см, миниатюре Григория Мусикийского, хранящейся в Эрмитаже. Император слегка опирается на ствол пушки. Его губы чуть улыбаются. Через левое плечо перекинут малиновый плащ с меховой опушкой, на правом — ярко-синяя лента ордена Андрея Первозванного. Позади него светится золотом шпиль Петропавловской крепости. Почти неуловимые переходы тонов придают портрету тонкость, легкость, реалистичность.



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

В 1842 году мало известный ювелир, француз Густав Фаберже основал в Петербурге фирму, просуществовавшую почти 80 лет. Ее художники-ювелиры достигли небывалых высот в искусстве эмалевой росписи. Роскошные табакерки и портсигары, дорогие настольные украшения, пасхальные яйца-сюрпризы расписывались в технике гильоше — разновидности эмали по гравировке. На золото или серебро наносился узор

в виде повторяющихся штрихов, полос, лучей, кругов так, чтобы на один миллиметр приходилось от трех до пяти линий. При такой плотности глаз воспринимает не отдельную черточку, а переливы светлого и темного тонов. Покрытая цветной прозрачной эмалью поверхность металла становится фантастически красивой — блеск и мягкое свечение завораживают, создают ощущение гармонии и покоя.

Живописная эмаль, рожденная в огне, вобравшая в себя неиссякаемую творческую фантазию и неукротимую волю мастера, обманчиво хрупкая, притягательно загадочная, волшебно воздушная, внутренне просветленная, своими не тускнеющими красками несет в вечность жизнь, застывшую лишь на одно мгновение.

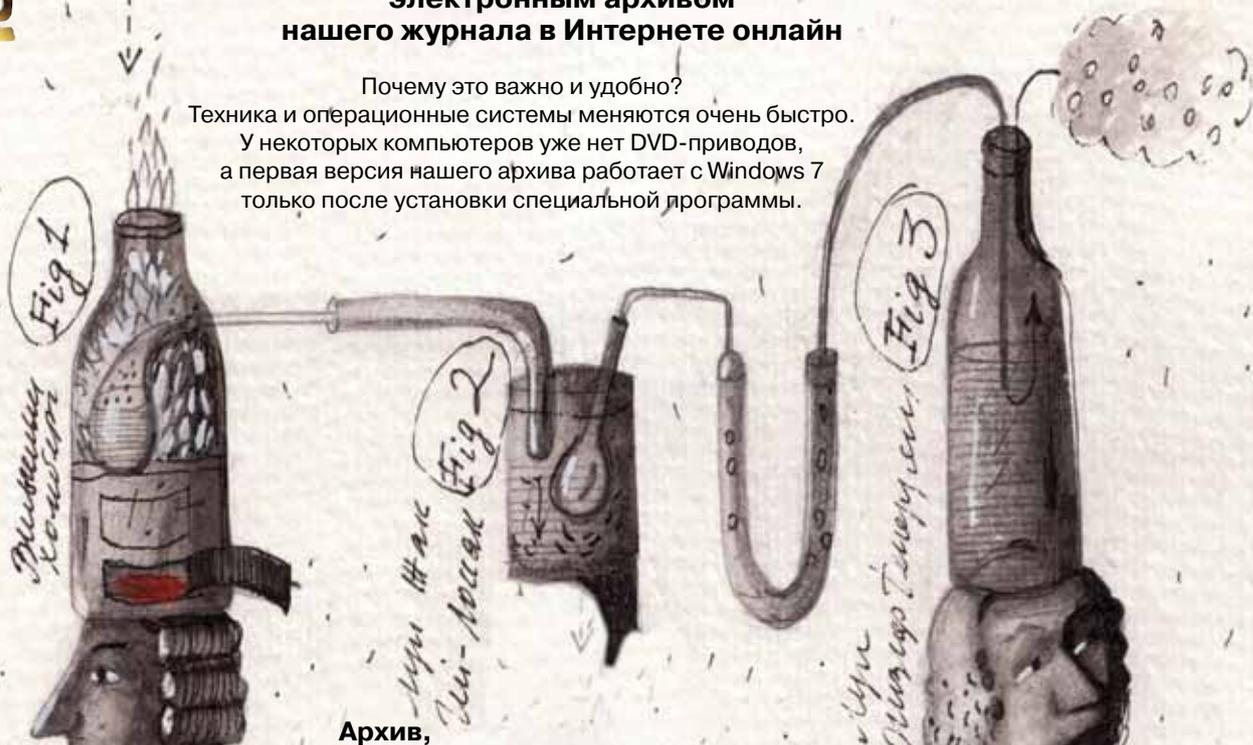
М.Демина

# Доступ к архиву журнала через Интернет



Теперь у вас есть возможность работать с полным электронным архивом нашего журнала в Интернете онлайн

Почему это важно и удобно?  
Техника и операционные системы меняются очень быстро. У некоторых компьютеров уже нет DVD-приводов, а первая версия нашего архива работает с Windows 7 только после установки специальной программы.



## Архив, с которым можно работать в Интернете:

- будет всегда адаптирован под все современные системы;
- постоянно пополняется свежими номерами;
- к нему вы сможете получить доступ на короткое время, чтобы написать реферат или диплом, подготовиться к докладу или уроку.

Сейчас архив журнала включает 1965—2010 годы. По всему массиву статей за 46 лет возможен полнотекстовый поиск по ключевому слову.

В декабре этого года мы совместно с нашими партнерами, компанией «Технологии управляемого хаоса», даем возможность поработать с архивом в Интернете **БЕСПЛАТНО**.

Если вам понравится, то с января вы сможете подписаться на эту опцию. Если вы хотите получить бесплатный доступ к онлайн-архиву на декабрь, напишите нам письмо в редакцию на [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru). Тема письма «Интернет-архив»; укажите, пожалуйста, кто вы или какую организацию представляете.

Стоимость онлайн-доступа к архиву журнала «Химия и жизнь» в Интернете с января 2012 года:

- школы — 1000 руб. за год (неограниченное число компьютеров);
- библиотеки и другие юридические лица — 2000 руб. за год (неограниченное число компьютеров);
- физические лица — 400 руб. за год, 100 руб. за месяц, 50 руб. за неделю.

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >