



₴

5  
2013

НЗЖ И РИМХ







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 26.4.2013

**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

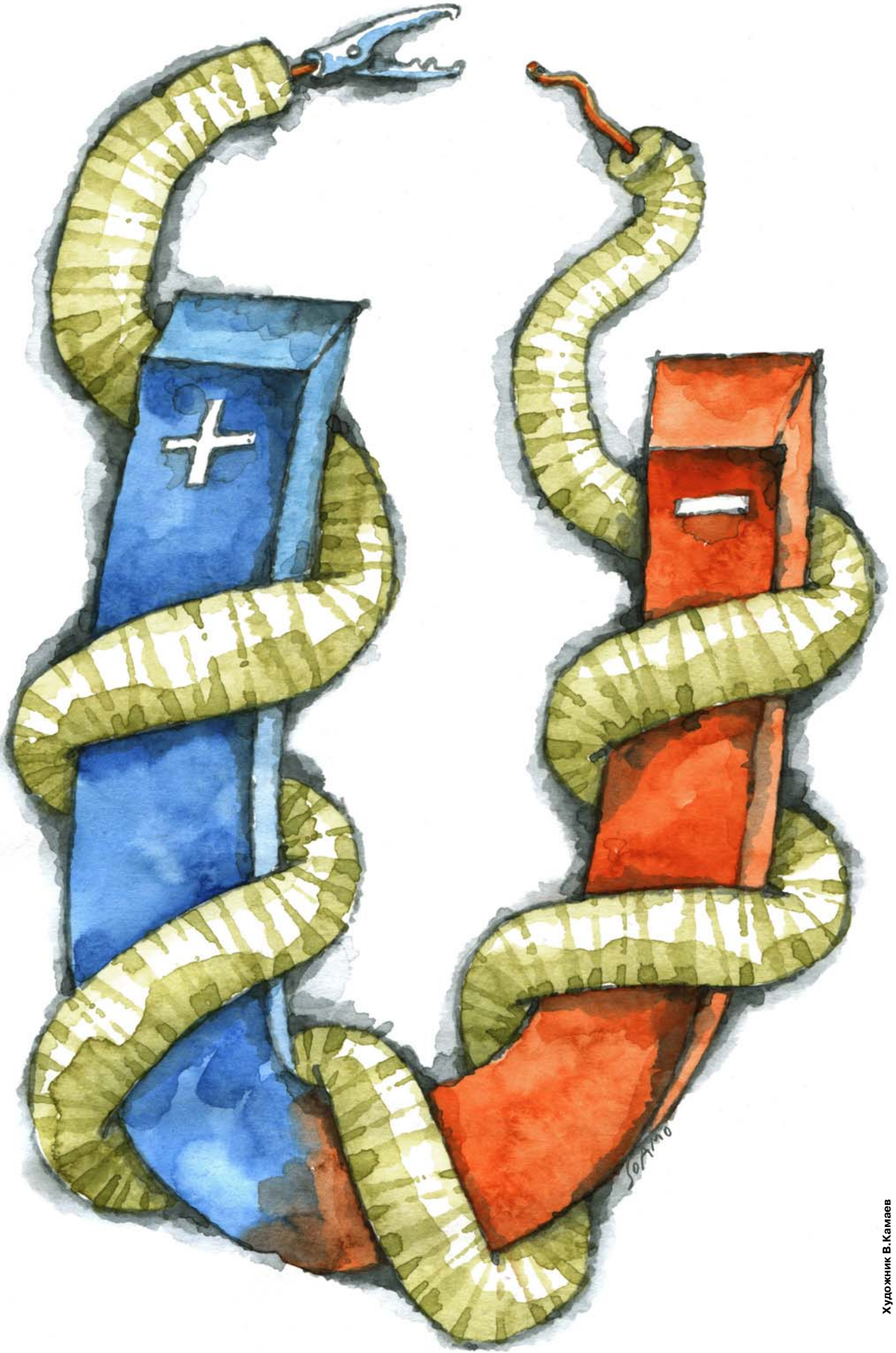
НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Якоба Агасси «Нубийский  
жираф». Даже такому большому  
животному может не хватать микро-  
элементов. Подробности — в статье  
Л.Стрельниковой «Пять металлов и  
много мяса».

*Мало — попасть в ворота,  
надо еще промахнуться  
мимо вратаря.*

*Константин Мелихан*

# Содержание

<b>Проблемы и методы науки</b> МАГНИТ ЧУВСТВУЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ. А.П.Пятаков, А.К.Звездин .....	2		
<b>Проблемы и методы науки</b> МЕЖДУ ЯДОМ И ЛЕКАРСТВОМ. Н.Л.Резник .....	8		
<b>Технологии</b> УЛУЧШЕНИЕ САМОЦВЕТОВ. В.Благутина .....	12		
<b>Технологии</b> ПЯТЬ МЕТАЛЛОВ И МНОГО МЯСА. Л.Стрельникова .....	16		
<b>Технологии</b> РЕДКАЯ СОЛЬ ЗЕМЛИ. С.М.Комаров .....	20		
<b>Проблемы и методы любви</b> О ЖЕНСКОМ ЧУТЬЕ. М.Л.Бутовская, Е.В.Веселовская .....	26		
<b>Нанофантастика</b> СЛОН. Андрей Лободинов .....	31		
<b>Живые лаборатории</b> КАК ДОХОДИТ ДО ЖИРАФА. Н.Анина .....	32		
<b>Что мы пьем</b> ЧАЙНЫЕ ДВОЙНИКИ. А.С.Садовский, И.А.Соколов .....	34		
<b>Тематический поиск</b> АЛЛЕРГИЯ НА ПЫЛЬЦУ И НЕ ТОЛЬКО .....	40		
<b>Элемент №...</b> СТРОНЦИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев .....	42		
<b>Расследование</b> ПЛИТКИ ИОГАНСОНА: ЗАГАДКЕ БОЛЬШЕ ВЕКА. Л.Хатуль .....	44		
<b>Другие вещи</b> ИГРА СТЕКЛЯННЫХ БУС. М.Демина .....	46		
<b>Расследование</b> ПОСМОТРИ В ЛИЦО МАНДРИЛА. Е.Клещенко .....	52		
<b>Что мы едим</b> КРЕВЕТКИ. Н.Ручкина .....	54		
<b>Фантастика</b> ДРУГ МОЙ, ВРАГ МОЙ. Алиса Вель .....	56		
<b>Прогулки по истории химии</b> ХИМИЧЕСКИЕ ИЕРОГЛИФЫ: ОТ ДАЛЬТОНА ДО ЭНДОЭДРАЛЬНЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ. И.А.Леенсон .....	64		
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	24	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	45, 53	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	23	ПЕРЕПИСКА	64



# Магнит чувствует электрическое поле



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Кандидат  
физико-математических наук  
**А.П.Пятаков**,  
доктор  
физико-математических наук  
**А.К.Звездин**

Куда ни кинь взгляд, всюду — магнит. Когда-то школьникам рассказывали только про компас, позже — про применение в промышленности, в последнее время заговорили о будущем поезде на магнитной подвеске. Хотя можно было бы сказать, что любой электродвигатель и любой трансформатор — электромагнит. Сегодня убедить читателя в важности магнитов стало проще: достаточно сказать, что магнит почти наверняка есть у него дома (на дверце холодильника и в микроволновке), в кармане (в сотовом), десятки магнитов — в компьютере и автомобиле. В промышленности и медицине их вообще не счесть, и физика элементарных частиц без них не обходится — они стоят и по всему периметру ускорительного кольца, и в большинстве детекторов элементарных частиц.

Есть постоянные магниты, есть электромагниты. Постоянные имеют один большой плюс — не потребляют энергию, и несколько минусов — их поле нельзя регулировать (а если можно, то медленно — механически перемещая), и оно не может быть очень сильным. Электромагниты свободны от этих недостатков, но зато у них есть тот, которого нет у постоянных магнитов, — они потребляют энергию, и много потребляют. Иногда говорят, что проблему решают электромагниты со сверхпроводящими обмотками, как у Токамака. Но, впрочем, ни жидкого гелия, ни жидкого азота на Земле из озера не зачерпнешь, а во-вторых, магнитное поле таких электромагнитов тоже трудно регулировать.

Возникает идея: скрестить электрическое и магнитное поле, найти вещество или создать материал, при помещении которого в электрическое поле он становится магнитом, а в магнитном поле, наоборот, проявляет электрические свойства. О таких веществах рассказывается в статье А.П.Пятакова и А.К.Звездина из Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова и Института общей физики им. А.М.Прохорова.

## Переменный постоянный магнит

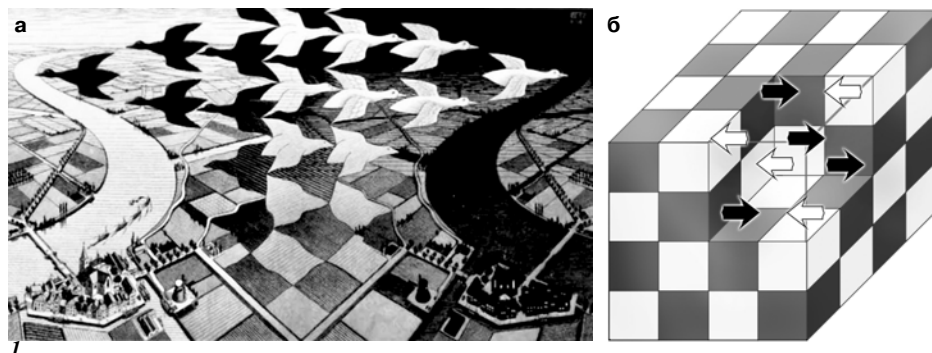
Магнитные и электрические явления известны с античных времен, но связать их между собой удалось намного позже, уже после работ классиков электромагнетизма: Эрстеда, Ампера, Фарадея, Максвелла. Вслед за Ампером магнитные свойства постоянных магнитов стали объяснять «молекулярными» токами, текущими внутри вещества в каждой молекуле. Хотя природа молекулярных токов долгое время оставалась непонятой, сама возможность вечного движения зарядов внутри вещества казалась многообещающей (такая возможность реализуется и в сверхпроводниках, но при низких температурах). Если бы с помощью электрического поля удалось воздействовать на молекулярные токи, то можно было бы управлять постоянными магнитами практически без потерь энергии.

В 1884 году французский физик Пьер Кюри высказал мысль, что существование таких молекул и веществ, которые намагничивались бы под действием электрического поля, не противоречит известным законам. Американский инженер-электроник Бернард Теллеген позже предложил создать композит — магнитоэлектрическую среду в виде взвеси, где плавали бы частицы, представлявшие собой магнетики, сцепленные с кусочками электрета. А электрет — это вещество, которое можно «зарядить» внешним электрическим полем, и оно после этого долго, например годы, создает вокруг себя электрическое поле, как магнит — магнитное. Электретами являются

многие хорошие диэлектрики, однако материалы, сочетающие в себе свойства и электрета и магнита, ни найдены, ни созданы не были. Хотя название для них придумали — «магнитоэлектрики».

Дело сдвинулось с мертвой точки, когда Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшиц указали, что магнитоэлектрики надо искать среди антиферромагнетиков, то есть кристаллов, состоящих из противоположно намагниченных подрешеток (рис. 1). И.Е.Дзялошинский назвал в 1959 году конкретное соединение —  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , и через год магнитоэлектрический эффект в этом материале был обнаружен Д.Н.Астровым. За несколько лет до того американские ученые в группе профессора Джорджа Радо пытались обнаружить магнитоэлектрические свойства у различных веществ, но поиски оказались безрезультатными, поскольку они не знали о работах Ландау, Лифшица и Дзялошинского — переводы книг и статей выходили с задержкой. Узнав об открытии Астрова, они продемонстрировали на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  обратный эффект — электрическую поляризацию, наводимую магнитным полем.

В это же время в ленинградском Физико-техническом институте, в группе Г.А.Смоленского, вели поиск магнитных сегнетоэлектриков. Обычный сегнетоэлектрик — это вещество, которое само по себе, без участия внешнего воздействия, создает и внутри себя, и снаружи электрическое поле, то есть в некотором смысле электрический аналог постоянного магнита. А магнитный сегнетоэлектрик — материал, в котором бы при отсутствии внешних полей наблюдались



*Антиферромагнетизм. Идею антиферромагнитного упорядочения предвосхитили рисунки Мориса Эшера, например «День и ночь» (а), в соседних узлах кристаллической ячейки магнитные стрелки (моменты) ионов направлены противоположно (б)*



бы и намагниченность, и электрическая поляризация. Предполагалось замещение магнитными элементами ионов в уже известных сегнетоэлектриках, и первый «сегнетомангнетик» (или «мультиферроик», как теперь называют эти материалы) получился «сложносочиненным», это был твердый раствор  $(1-x)\text{Pb}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3 - x\text{Pb}(\text{Mg}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{O}_3$ .

## Перемешать или прослостить?

Позже нашли и более простые соединения, а особенно интересным оказался феррит висмута  $\text{BiFeO}_3$  (рис. 2). Большинство его замечательных свойств — следствие отличий от идеальной кубической структуры. Вращение кислородных октаэдров (рис. 2а) приводит

к тому, что в этом антиферромагнетике магнитные стрелки соседних ионов уже не строго противоположны, образуя угол меньше 180 градусов. В результате они не полностью компенсируют друг друга, и появляется общая намагниченность кристалла (такие материалы называют слабыми ферромагнетиками). Электрические и магнитоэлектрические свойства обусловлены смещением ионов вдоль главной диагонали куба, а также искажениями октаэдра (рис. 2б). Кристалл феррита висмута способен также растягиваться в лучах света (рис. 2в) и превращаться в полупроводниковый диод под действием электрического поля (рис. 2г). Последнее превращение происходит из-за кислородных вакансий — заряженных дефектов, которые изменяют тип проводимости.

Слева направо:

Пьер Кюри (1859—1906), Бернард Теллеген (1900—1990), Л.Д.Ландау (1908—1968) (справа) и Е.М.Лифшиц (1915—1985), И.Е.Дзьялошинский (слева) и Д.Н.Астров, Джордж Радо, Г.А.Смоленский (1910—1986)

Таких «высокотемпературных» магнитоэлектриков, как феррит висмута, совсем немного, едва ли больше десятка, да и те имеют существенный недостаток — заметную проводимость при комнатной температуре. Это сводит на нет главное достоинство магнитоэлектрического способа получения магнитного поля — при приложении электрического поля в таком веществе начнет протекать ток, а значит, расход энергии становится ощутимым. Поэтому в 70-х годах прошлого столетия были предприняты первые попытки

## Сегнетомангнетики и мультиферроики: термины-химеры

На свое несчастье  
Духов я призвал.  
И.В.Гёте.

Ученик чародея

Многие привычные слова представляют собой подобие мифологической химеры — животного с головой льва, туловищем козы и хвостом змеи. Так слово «автобус» получилось соединением частей слов «автомобиль» и «омнибус» (от лат. omnibus — всем, для всех). Похожим образом термин «сегнетомангнетик»

составлен из двух слов «сегнетоэлектрик» и «ферромагнетик». Слово «сегнетоэлектрик» происходит от первого обнаруженного вещества, в котором существует поляризация в отсутствие электрического поля (спонтанная электрическая поляризация) — сегнетовой соли, названной по имени французского аптекаря Сеньета (Seignette). А есть и другое чудо — вещества, в которых при понижении температуры кристалл, оставаясь целым, разбивается на домены — области с разной ориентацией кристаллической решетки (это называется структурным фазовым переходом). Таким образом, слово «сегнетомангнетик» уже представляет собой довольно странный гибрид, но еще более «химеричен» термин «мультиферроик».

В англоязычной научной литературе названия всех этих трех классов веществ начинаются с приставки «ферро»: ferromagnetics, ferroelastics, ferroelectrics, хотя железо здесь ни при чем. Это не помешало, однако, в середине прошлого века японскому ученому Кейчиро Айдзу назвать все три класса общим термином «ferroics» — ферроики. Похожая история про-



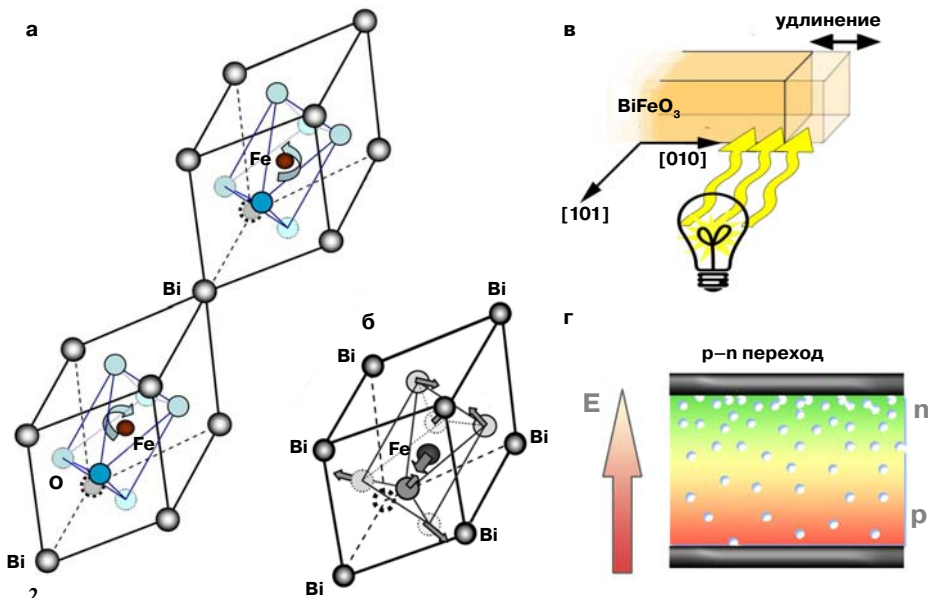
Химера античной мифологии

изошла в английском языке: кусочек от «омнибуса» перекечевал в «автобус», а потом bus стал самостоятельным словом, означающим кроме автобуса еще и канал передачи данных.

В случае ферроиков история имела продолжение: в начале девяностых годов прошлого века из бутылки был выпущен новый джинн — термин «мультиферроик» (от лат. multi — много) — для обозначения вещества, которое одновременно принадлежит хотя бы двум классам ферроиков. В начале нашего столетия, когда появились новые среды с магнитными и электрическими свойствами, это слово неожиданно быстро завоевало признание и вытеснило «сегнетомангнетик», так что сам создатель неологизма, швейцарский ученый Ганс Шмид, когда речь заходит о придуманном им термине, вспоминает стихотворение Гёте, отрывок из которого приведен в качестве эпиграфа.



Три класса ферроиков: сегнетоэлектрические, магнитные и сегнетоэластические вещества. На пересечении этих множеств лежат мультиферроики



2 Кристаллическая структура феррита висмута: в центрах кубов находятся ионы железа, в вершинах — ионы висмута, в центрах граней — ионы кислорода: вращение кислородных октаэдров (а), смещение ионов вдоль диагонали куба и вызванное им искажение октаэдров — смещения ионов показаны стрелками (б), электрострикция в феррите висмута — растяжение образца под действием светового излучения, под стоваттной лампой относительное удлинение составляет около тысячной процента, что не так уж и мало для твердого тела (в), образование p-n перехода под действием электрического поля в результате перемещения кислородных вакансий (г)

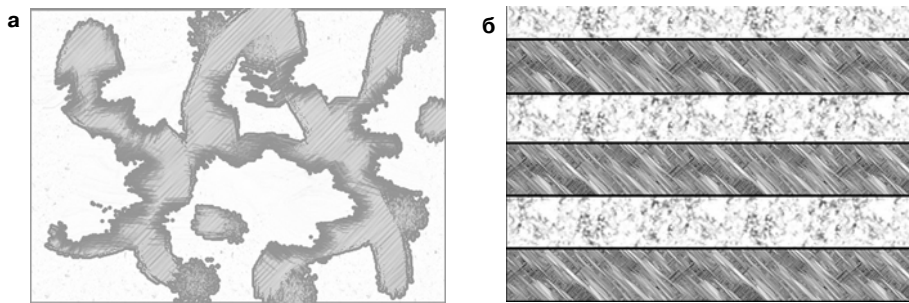
создать искусственные композиционные магнитоэлектрические среды в виде смеси двух порошков (рис. 3а): магнитоэлектрические частицы изменяли форму в магнитном поле, они воздействовали на частицы пьезоэлектрика, а те, в свою очередь, при деформации электрически поляризовались.

Идея была замечательная, но эффект оказался малым и нестабильным. При перемешивании получались комки и сгустки, а образование каналов из проводящих магнитоэлектрических частиц приводило к «короткому замыканию» образца, а значит, и к отсутствию электрического напряжения. Тогда возникла идея «слоеного пирога» или сэндвича из магнитоэлектрического и пьезоэлектрического материалов, склеенных вместе (рис. 3б). Проводящие каналы теперь не образовывались, и магнитоэлектрический эффект стал в 50 раз больше, чем в  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . С помощью датчиков на сэндвич-структурах удавалось измерить магнитные поля в миллион раз меньше, чем поле Земли, — такие создаст наше сердце, перегоняя кровь по сосудам.

### Когда структура влияет на свойства

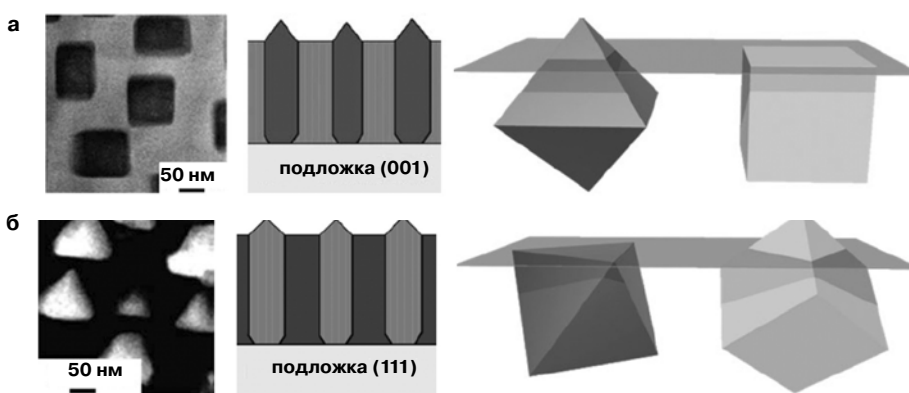
Новый этап в создании композиционных материалов наступил с приходом современных технологий: теперь искусственные магнитоэлектрики изготавливаются на чипах в виде пленок столбчатых наноструктурами (рис. 3в). Сэндвич-структуры в нанопленочном исполнении работают плохо — сцепление с подложкой-чипом не дает им свободно деформироваться, а столбики легко сжимаются и растягиваются в вертикальном направлении. Вдобавок такие структуры не надо было создавать специально, они «самоорганизуются» при одновременном осаждении на подложку двух веществ: магнитоэлектрического, например шпинели  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , и пьезоэлектрического, например титаната бария  $\text{BaTiO}_3$  или феррита висмута  $\text{BiFeO}_3$ . Изменяя кристаллографическую ориентацию подложки, можно выращивать как магнитоэлектрические столбики в пьезоэлектрической матрице, так и пьезоэлектрические столбики в магнитоэлектрической матрице (рис. 4).

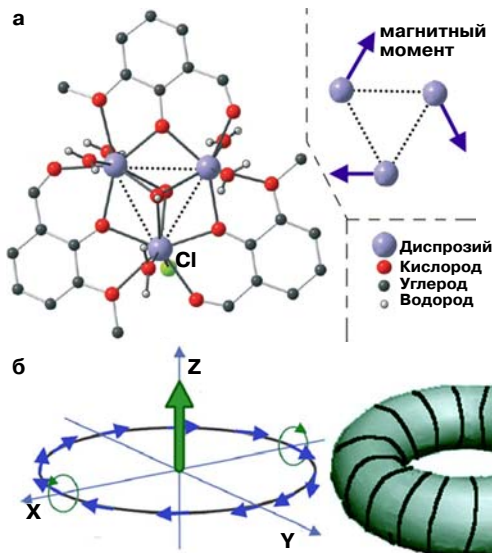
Что же вынуждает две фазы осаждаться таким образом? То же самое явление, которое заставляет каплю воды расплываться на чистом стекле и скатываться в шарик на поверхности, натертой воском, — поверхностное натяжение. Если подложка вырезана перпендикулярно кристаллографическому направлению [001] (то есть, оси z системы координат), то вещество магнитоэлектрического материала не сма-



3 Композитные материалы: объемные (а), слоистые (б), столбчатые (в)

4 Структура нанокompозита зависит от кристаллографической ориентации плоскости подложки: подложка с ориентацией (001) (а), подложка с ориентацией (111) (б); кубики соответствуют кристаллам пьезоэлектрика, октаэдры — кристаллам магнитоэлектрического материала





5 Органический молекулярный нанокластер на основе редкоземельных ионов: взаимная ориентация магнитных моментов катионов диспрозия (а); при тороидном упорядочении магнитных моментов во внешнем магнитном поле  $H$  помимо намагниченности наводится электрическая поляризация  $P$  (б); для сравнения – тороидальный электромагнит (в центре)



чивает поверхность, собираясь в капли, которые потом вырастают в столбики, в то время как пьезоэлектрическая фаза смачивает подложку и обволакивает столбики, образуя матрицу. На подложке (111) все происходит наоборот: внутри магнитоэлектрической матрицы растет столбчатая структура из пьезоэлектрика.

Когда характерные размеры наноструктур составляют несколько межатомных расстояний, фазы композита начинают влиять на внутреннее строение и свойства друг друга. Если слои титаната бария перемежать магнитным материалом с похожей кристаллической структурой, например манганита лантана с замещением кальцием  $La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$ , то получается искусственная магнитоэлектрическая среда: благодаря близкому соседству кристаллические структуры двух материалов подвергаются взаимным искажениям, что приводит к взаимодействию электрической и магнитной подсистем. То есть удалось не только создать наноструктурированный материал, но и осуществлять инженерию на атомном уровне, изменяя сами свойства веществ-компонентов.

А как же первоначальная идея Кюри о магнитоэлектрических молекулах? Ее можно реализовать в органических молекулярных нанокластерах  $Dy_3$ , в кото-

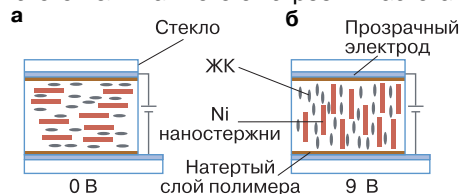
рых магнитными атомами являются три атома диспрозия, образующие правильный треугольник (рис. 5а). В состоянии молекулы с наименьшей энергией (в основном состоянии) магнитные стрелки (моменты) ионов диспрозия ориентированы параллельно противоположной стороне треугольника (рис. 5а). Если бы магнитных ионов было больше (как, например, в недавно синтезированном кластере  $Dy_6$ ), они бы образовали «карусель» из магнитных моментов (рис. 5б). Такое упорядочение называют «тороидным», поскольку круговой электромагнит можно создать, намотав провод на магнитный сердечник в форме бублика (тора). Структуры с тороидным упорядочением, следуя традиции обозначать любое упорядочение словом «ферро», называют «ферротороидками». Они обладают магнитоэлектрическим эффектом — приложение магнитного поля вызывает перераспределение магнитных моментов: число ионов, у которых магнитные моменты направлены по магнитному полю, возрастает. Смещение магнитных ионов влечет перераспределение зарядов, так что возникает электрическая поляризация. Однако с равной вероятностью реализуются и состояния молекулы, в которых магнитные моменты направлены по часовой

стрелке, и состояния с направлением моментов против часовой стрелки, а в этих случаях магнитоэлектрический эффект будет противоположным. Так что остается проблема, как получать тороидные структуры с одним направлением вращения магнитных моментов.

## Из монитора память не получится

Идею Теллегена о композите, состоящем из магнитоэлектрических частиц, которые вращаются в жидкости, была реализована с появлением первой модели электронных чернил — гирикона (от греч. «вращающееся изображение»). Гирикон — полимерная среда, в которую внедрены двухцветные сферические частицы из полиэтилена, вращающиеся внутри полостей с жидкостью (рис. 6). Полусферы частицы отличались не только цветом, но и электрическим зарядом. Поэтому их можно было ориентировать, прикладывая электрическое поле, и на белом фоне появлялись черные буквы. Когда же в частицы ввели магнитные примеси, электрическое поле стало управлять намагниченностью системы. Однако на вращение уходило около секунды, поэтому возникла идея «омагнитить» не электронную бумагу, а главную составляющую другого типа дисплеев — жидкие кристаллы.

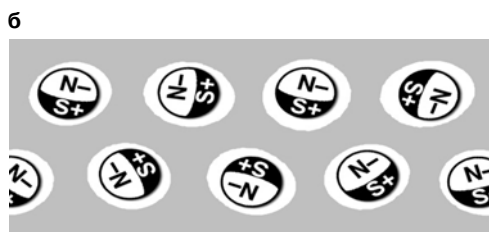
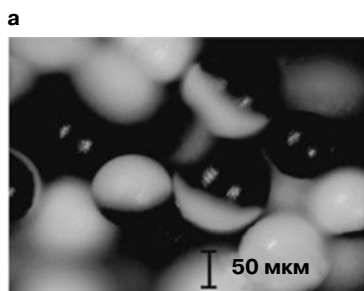
В жидких кристаллах нематиках (от греч. «нить») продолговатые молекулы располагаются вдоль одного направления (рис. 7а). Жидкокристаллические мониторы работают благодаря свойству молекул нематика ориентироваться вдоль поля (рис. 7б), но если примешать к жидкому кристаллу магнитные наностолбики, то они будут поворачиваться вместе с молекулами. Получился магнитный материал, управляемый с помощью электрического поля, причем он откликался на изменение электрического поля намного быстрее — частота



7 Жидкий кристалл с магнитными наностолбиками: в отсутствие электрического напряжения (а), при включении напряжения (б)

переключения составляла килогерцы.

Это уже быстрее, но гирикон и жидкокристаллическая ячейка ни по размерам, ни по скорости не могут соперничать с элементами полупроводниковых микросхем, а значит, для устройств магнитной памяти не годятся. Вместо жидкого кристалла в устройствах магнитной памяти между электродами



6 Гирикон: полимер с внедренными черно-белыми сферическими частицами (а), магнитоэлектрический композит на основе гирикона: частицы-диполи вращаются в микрополостях с жидкостью. +/- электрические, S, N — магнитные полюса (б)

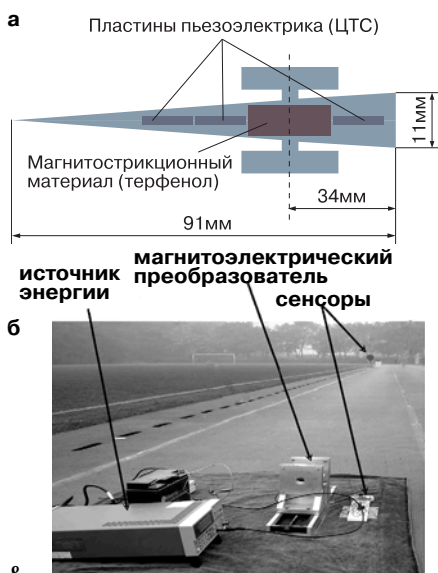


предлагали помещать слой твердотельного магнитоэлектрика, однако из-за малочисленности высокотемпературных магнитоэлектриков и больших токов утечки магнитоэлектрическая память пока еще далека от реализации.

## «Умная пыль» собирает энергию

Миниатюризация электронных устройств — путь к созданию беспроводных сенсорных сетей, состоящих из множества датчиков, способных собирать, обрабатывать информацию и обмениваться ею между собой. Такие структуры иногда называют «умная пыль». Наиболее очевидные области применения — экологический и медицинский мониторинг, охраняемые системы. Но датчикам нужно питание, а с ним проблемы: если датчик находится внутри объекта (например, во вращающейся детали или в теле человека), то провод к нему не подведешь, батарейки недостаточно миниатюрны и долговечны, а солнечные батареи в темноте бесполезны.

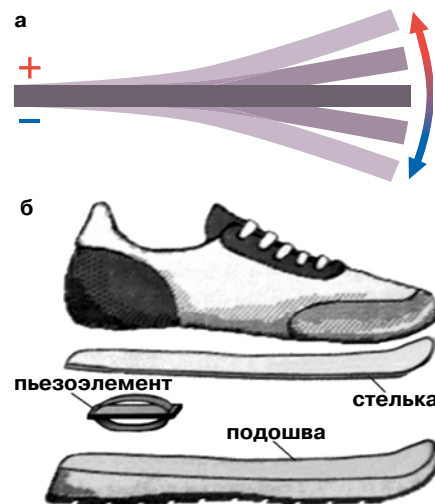
Интересной альтернативой представляется energy harvesting — получение энергии из окружающей среды. Это могут быть системы, накапливающие энергию механических, температурных колебаний или радиоволн, но поток энергии, поступающий от естественных источников, мал — меньше 1 мВт/см<sup>2</sup>. Однако можно создать источник излучения, создающий в месте расположения датчиков переменное магнитное поле. Преобразовать энергию магнитного поля в электростатическую энергию



8 Дистанционное питание датчиков: магнитоэлектрический преобразователь на основе пьезоэлектрического и магнитоэлектрического материалов, расположенных на подложке из сужающейся металлической пластины — волноводного акустического концентратора (а), узел беспроводной сенсорной сети с магнитоэлектрическим питанием (б)

заряженных конденсаторов можно с помощью магнитоэлектрического элемента, который состоит из слоев магнитоэлектрических и пьезоэлектрических материалов, расположенных на общей металлической подложке в форме сужающейся к одному концу пластины (рис. 8). Переменное магнитное поле вызывает периодическую деформацию магнитоэлектрической пластины на резонансной частоте. Эти механические колебания передаются подложке и распространяются по ней, так что при подходе к узкому концу возрастают концентрация акустической энергии и амплитуда колебаний. Колебания подложки передаются пластинкам пьезоэлектрика, и в них возникает переменное электрическое напряжение. Эта конструкция — разновидность магнитоэлектрического композиционного материала, однако при помощи акустического концентратора удается получить выигрыш в два раза по сравнению с традиционной многослойной структурой из скрепленных магнитных и пьезоэлектрических слоев.

Для электропитания имплантатов в медицине, автономных датчиков, а также средств связи и мобильной электроники лучше использовать механическое движение или вибрации, например колебания упругой пластинки (в современных микромеханике и нанотехнологиях такие пластинки называют кантилеверами) из пьезоэлектрического материала (рис. 9а). Когда кантилевер, изготовленный из магнитоэлектрического композиционного материала, колеблется в магнитном поле Земли, магнитоэлектрический слой



9 Механические колебания кантилевера из пьезоэлектрического материала: преобразуются в электрическую энергию (а), пьезоэлектрический элемент для сбора энергии при ходьбе (б)

испытывает дополнительные деформации, которые передаются пьезоэлектрическому слою, и в результате амплитуда переменного напряжения достигает



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

десятка вольт. Такое устройство предлагается использовать на подводных аппаратах и буях, где всегда есть океанские волны и магнитное поле Земли.

Здесь надо сделать еще одно замечание: частоты колебаний, встречающиеся в естественных условиях, невелики — герцы, максимум десятки герц. Это означает, с одной стороны, малую мощность, вырабатываемую агрегатом (мощность пропорциональна кубу частоты), с другой стороны — совсем не микроскопические размеры устройства, способных вибрировать на этих низких частотах. В результате зарядные устройства дают лишь микроватт в пересчете на кубический сантиметр. Лучших результатов ожидают от использования других видов колебательного движения: человеческого тела при ходьбе (расположенные в ботинке пьезоэлементы (рис. 9б) уже позволяют получать до 1 мВт/см<sup>3</sup>) и еще более высокочастотных вибраций мотора автомобиля — до 30 мВт/см<sup>3</sup>. Но в любом случае о замене аккумуляторов в сотовых телефонах речь пока не идет. Сам сбор урожая даровой энергии («energy harvesting») напоминает известный процесс «по сусекам поскрести, по амбарам помести», и это объясняет, почему в таких случаях часто используют другой термин: «energy scavenging» (scavenging — уборка, утилизация мусора).

Проблема взаимосвязи магнитных и электрических явлений в твердом теле чрезвычайно многогранна, и в этой статье показаны лишь некоторые ее стороны. Эта область науки сейчас активно развивается, остается много непонятого, и неизвестные эффекты ждут своих первооткрывателей.

### Литература

- Смоленский Г.А., Чупис И.Е. Сегнетомагнетики. «Успехи физических наук», 1982, 137, 415—448.
- Eerenstein W., Mathur N.D., Scott J.F. Multiferroic and magnetoelectric materials. «Nature», 2006, 442, 7104, 759—765, doi:10.1038/nature05023.
- Пятаков А.П., Звездин А.К. Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики. «Успехи физических наук», 2012, 182, 593—620.



*У каждой особи паука Agelena orientalis свой состав яда, который постоянно меняется*

# Между ядом и лекарством

Кандидат  
биологических наук

**Н.Л.Резник**

## Токсины — проза жизни

Мало чем человек дорожит так сильно, как здоровьем, особенно когда заболит, и ни в чем так не нуждается, как в лекарствах. А с лекарствами как раз большая проблема, несмотря на все успехи фармакологии. Медицине необходимы новые антибиотики, эффективные обезболивающие, препараты, которые регулируют работу сердца и нервной системы.

Открытие пенициллина, произведшего в свое время революцию в медицине, мы обязаны случайности. У Александра Флеминга заросло плесенью несколько чашек со стафилококками, и он заметил, что вокруг колоний плесневых грибов бактерии не растут. Современная наука на случай не полагается и ищет новые препараты целенаправленно. С 80-х годов прошлого века для этой цели используют комбинаторные библиотеки — множество молекул со сходной структурой. Допустим, требуется лекарство, расщепляющее микробный полисахарид или избирательно взаимодействующее с каким-нибудь белком, например клеточным рецептором. Берут комбинаторную библиотеку и проверяют реакцию вхо-

дящих в нее молекул с определенной мишенью. Современная комбинаторная библиотека содержит около 100 тысяч образцов, анализ проводят роботы, но эффективность поиска невысока: в среднем при скрининге 15 библиотек удастся отобрать одно активное вещество. Специалисты мечтают о создании библиотеки из миллиона молекул, однако такое удовольствие обойдется уже в миллиарды долларов. Ни одна фармакологическая компания пока не может себе позволить таких трат.

Результат будет лучше, если искать среди соединений направленного действия. Такие соединения существуют, они многочисленны, разнообразны и широко распространены. Это яды.

Природных ядов гораздо больше, чем мы думаем. Их синтезируют микроорганизмы, растения и животные, причем не только змеи, пчелы и скорпионы, но и амфибии, птицы, млекопитающие, например землеройка и утконос, ракообразные и пауки. Токсинов вокруг столько, что это уже не экзотика, а проза жизни.

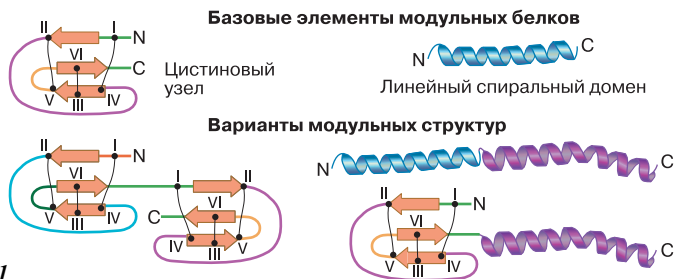
Яды изучает дисциплина, называемая токсиникой. Она существует на стыке биохимии, физиологии, генетики и клеточной биологии, молекулярной биологии и информатики. Токсикомика — это комплекс наук, связанных с изучением молекул, которые синтезируют ядовитые организмы. Десятки миллионов лет эволюции привели к тому, что молекулы эти действуют очень точно, быстро и

эффективно. А поскольку яды, по утверждению Парацельса, только дозой отличаются от лекарств, имеет смысл поискать среди них.

## Молекулярный конструктор

Мы говорили о том, что приличная синтетическая комбинаторная библиотека должна содержать хотя бы несколько десятков тысяч молекул. Из естественных соединений можно собрать библиотеку не менее объемистую. Любой яд состоит из многих компонентов — токсинов. Сейчас токсином называют всякую выделенную из яда молекулу, не разбирая, токсична она на самом деле или нет. Такой подход противоречит исходному определению И.И.Мечникова, согласно которому токсин представляет собой вещество белковой природы, продуцируемое микроорганизмом и обладающее токсичностью, однако понятие прижилось. Количество компонентов яда может быть различным. Стафилококки производят порядка пятнадцати токсинов, змеи — несколько десятков. Бесспорные лидеры в этой компании — пауки, способные синтезировать сотни компонентов яда. Науке известны около 40 тысяч видов пауков (для человека опасны примерно пятьдесят), таким образом, из паучьих ядов можно получить около 5 млн. разных молекул.

Разнообразия токсинов пауки, как и химики, добиваются с помощью комбинаторики. Если речь идет о пептидах,



**1**  
Токсины могут состоять из модулей. Самые распространенные из них — цистиновые узлы и молекулы, уложенные в альфа-спираль. Комбинирование нескольких модулей позволяет получить большое разнообразие белковых токсинов

то их многообразию способствуют аминокислотные замены в цепочке. Одна замена, и пептид становится немного другим. Кроме того, в ход идет посттрансляционная модификация, то есть изменение синтезированной пептидной молекулы. Аминокислотные остатки подвергаются амидированию, гликозилированию, гидроксильрованию, сульфированию или бромированию. Эти модификации и обеспечивают разнообразие молекул. Впрочем, посттрансляционные модификации более характерны для других организмов, например морских моллюсков конусов. Пауки чаще используют другой способ — образование дисульфидных мостиков.

Многие пептиды имеют в своем составе несколько остатков серосодержащей аминокислоты цистеина, которые образуют между собой дисульфидные связи (рис. 1). Они стягивают молекулу в сложную пространственную структуру — цистиновый узел, точнее, один из его типов, который называется доменом ICK (inhibitor cystine knot), потому что впервые пептиды с такой структурой обнаружили среди ингибиторов протеаз. Если узел «развязывается», токсин утрачивает свою активность, поэтому во всех модификациях положение цистеиновых остатков в белковой цепочке остается неизменным, но последовательности аминокислот между ними меняются. В результате образуются узлы со сходной пространственной структурой, но разными последовательностями. Из комбинаций узлов и спиралей, как из деталей конструктора, складываются новые токсины (рис. 1).

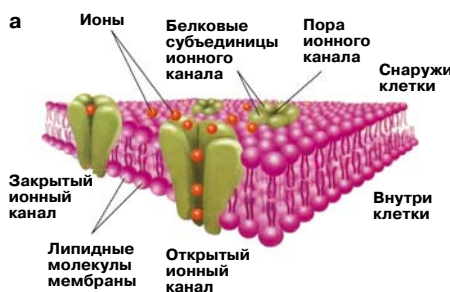


**6**

Специалисты лаборатории нейрорецепторов и нейрорегуляторов Института биоорганической химии им. академиком М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН проанализировали яд одиннадцати видов пауков и обнаружили у них 1562 пептида, принадлежащих к 335 структурным группам. Например, яд только одного вида, *Misumena vatia* из семейства пауков-бокоходов, содержит не менее 120 полипептидов, которые относятся к 12 структурным семействам.

Замечательно, что для обнаружения этого богатства нужна всего одна особь. Из ядовитых желез паука выделяют матричную РНК (мРНК) и синтезируют на них молекулы комплементарной ДНК (кДНК). Получается несколько тысяч клонов, все секвенируют и таким образом собирают сведения о большинстве полипептидов, которые секретирует ядовитая железа.

Однако было бы ошибкой считать, что состав яда у паука постоянен. Специалисты ИБХ РАН изучали яд отдельных особей *Agelena orientalis* и обнаружили, что набор токсинов каждого паука уникален (полюбоваться пауком можно на фото). Ученые сравнили яды двадцати пауков, которых собрали в одно время в одном месте и содержали в одинаковых условиях. Оказалось, что их железы синтезируют как консервативные по-



**2**  
Схема ионного канала в клеточной мембране (а). Разные типы ионных каналов, вид сверху (б). Их разнообразие велико, к каждому нужно подобрать свое действующее вещество.

липептиды, присутствующие всегда, так и «факультативные». Каждый паук постоянно меняет что-то в составе своих токсинов, но как и зачем — непонятно.

## Выбор цели

Итак, исследование ядовитых желез пауков позволяет собрать обширную и разнообразную комбинаторную библиотеку молекул, действующих в основном на клеточные рецепторы. Именно рецепторы регулируют поведение потенциальной жертвы, благодаря их работе она возбуждается, нападает или убегает, а задача паука — этого не допустить.

Чаще всего рецепторы содержат мембранные каналы, пропускающие ионы в клетку или из клетки (рис. 2). Канал — это своеобразная белковая пора. Под действием внешних факторов — изменения электрического потенциала мембраны или pH среды, механического воздействия или температуры — белки изменяют конформацию, открывая или закрывая канал. Все движения молекул происходят синхронно и очень быстро — канал работает всего несколько миллисекунд, и за это время он должен пропустить определенное количество ионов.

Неправильная работа каналов представляют собой колоссальную проблему. Последствия бывают самыми разными, в зависимости от того, какой канал вышел из строя: приступы лихорадки, периодические параличи, сердечная аритмия. Ментальные заболевания, связанные с нейронными каналопатиями, то есть плохой работой каналов в нервных клетках, стоят Европе 800 млрд. евро в год, это больше, чем затраты на онкологию, сердечно-сосудистые заболевания и диабет, вместе взятые.

Разнообразие рецепторных каналов поражает. У человека известно более 100 типов, и в каждом несколько гомологов. Например, в построении каналов, пропускающих ионы калия, участвуют 24 гена и около 500 белковых молекул. Однако в естественных комбинаторных библиотеках можно найти



молекулы, специфичные практически к любому типу известных науке каналов: натриевым, калиевым, кальциевым и хлоридным, адрено- и норадренорецепторам, к рецепторам, реагирующим на прикосновение и другие раздражители, и ко многим другим.

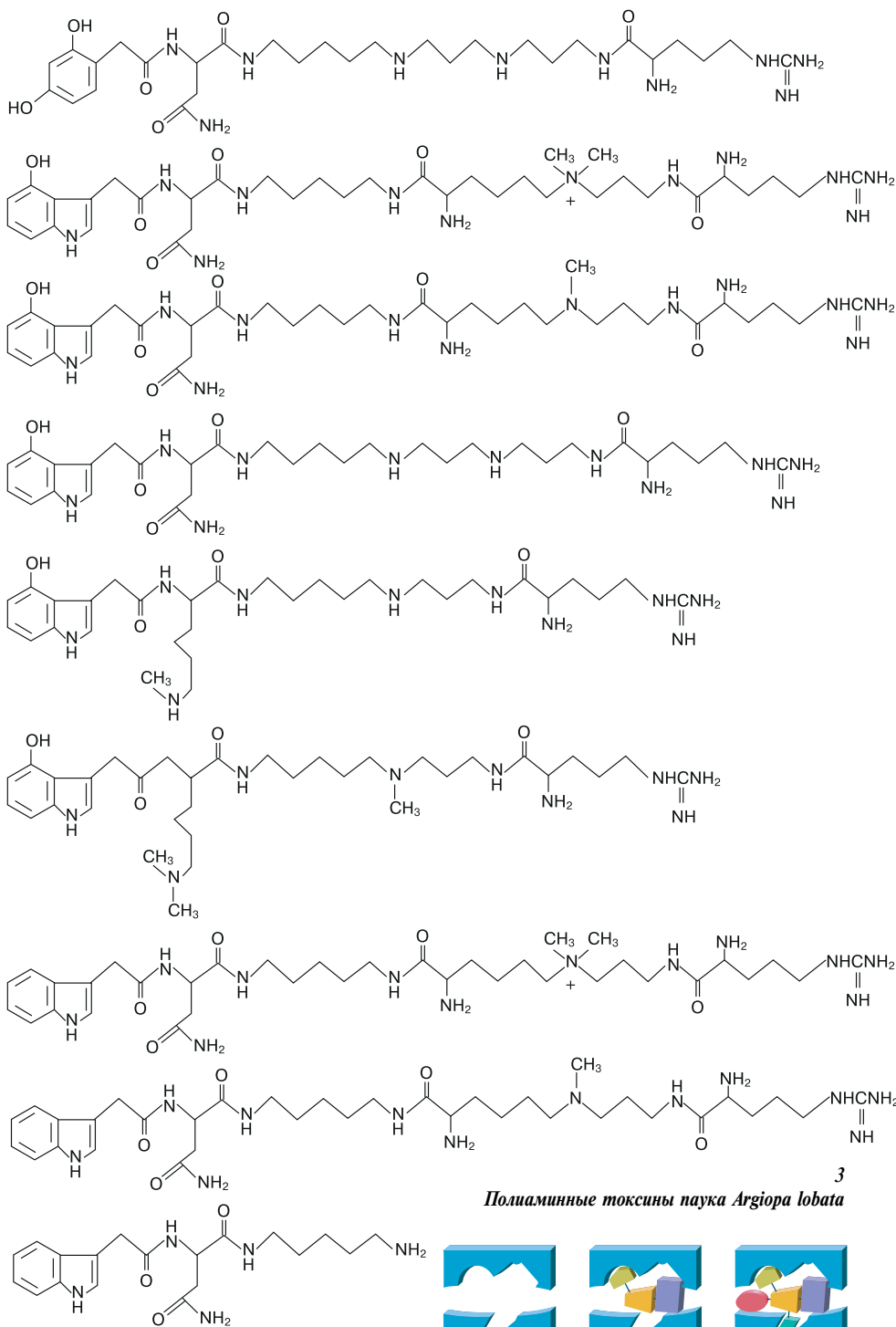
Токсины влияют на каналы по-разному. Есть такие, которые не позволяют ему закрыться или открыться или, напротив, открывают в отсутствие физиологического стимула, когда канал должен оставаться в покое. (Так, например, действуют на натриевые каналы насекомых токсины паука *Agelena orientalis*.) Переизбыток ионов столь же вреден клетке, как их нехватка.

Еще один метод воздействия, практикуемый пауками, называется модулированием. Модуляторы не блокируют работу канала, а модифицируют (тормозят или ускоряют) ее. Примером может служить токсин из яда паука-волка *Geolycosa sp.* — небольшой пептид  $\omega$ -Lsp-IA. Он замедляет время открытия кальциевых каналов определенного типа, расположенных на нервных окончаниях, и обладает антиэпилептическим действием.

Пауки — хищники, на выработку приспособлений для эффективной охоты у них было более 200 млн. лет, и результаты эволюции впечатляют. Яд одной особи содержит несколько групп молекул, которые действуют на несколько разных рецепторов, так больше шансов поразить жертву. А если учесть многообразие токсинов одной группы, можно сказать, что ядовитое животное работает на опережение и всегда готово к появлению новых типов мишеней: в его арсенале наверняка уже припасена подходящая молекула.

Паук *Argiopa lobata* использует еще один интересный трюк. Его токсины представляют собой не пептиды, а полиамины (рис. 3). Паук охотится на насекомых, у которых, в отличие от позвоночных, роль медиатора возбуждения выполняет не ацетилхолин, а глутамат. Поэтому токсины паука имеют сродство к глутаматным рецепторам, но не ко всяким, а только к возбужденным, находящимся в открытом состоянии. План такой: жертва видит паука, пугается, выбрасывает глутамат, который активирует рецептор, и тут паук кусает и этот рецептор блокирует. Но аргиопа, чтобы не рисковать, вместе с токсином впрыскивает чистый глутамат. Теперь он может быть абсолютно уверенным, что рецептор возбудится и токсин работает. А то вдруг его не испугаются! Действительно, жертва обездвиживается очень быстро.

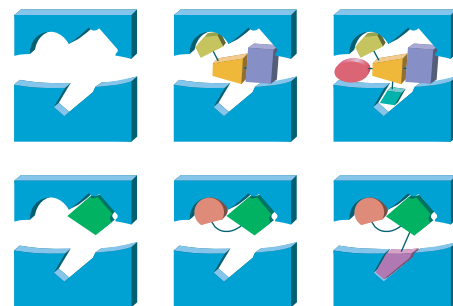
Понятно, что возбужденный рецептор отличается от закрытого не аминокислотной последовательностью,



3  
Полиаминные токсины паука *Argiopa lobata*

а конформацией. Во взаимодействии «рецептор-токсин» очень важна пространственная структура молекул. На этом основан метод поиска лекарств, именуемый драг-дизайном (рис. 4).

Прежде всего исследователи собирают информацию о пространственной структуре того рецептора, на который нужно воздействовать. Обычно его молекула торчит из мембраны, как морковь из грядки. На поверхности рецептора есть неровности: выступы или углубления. И лекарство, которое предположительно подействует на рецептор, должно сесть на этот выступ



4  
Чтобы заполнить углубление в клеточном рецепторе, используют фармакофоры — вещества с известной пространственной структурой. На рисунке показана продольная канавка на поверхности рецептора. Специалисты подбирают комбинацию фармакофоров, наиболее подходящих по форме к рецепторной канавке. Оптимальная комбинация представлена на правом нижнем рисунке

или заполнить углубление. В распоряжении исследователей имеется около ста фармакофоров — веществ с известной объемной формой. Они выбирают наиболее подходящие фармакофоры и пытаются заполнить ими найденную впадинку, в надежде, что смогут таким образом изменить работу рецептора. Чаще всего фармакофоры не подходят, и тогда специалисты синтезируют и проверяют десятки их аналогов. Коэффициент полезного действия такого поиска составляет 0,2—0,3%. Кроме того, пространственная структура множества рецепторов неизвестна: ее исследуют методом рентгеноструктурного анализа, а для этого белок нужно кристаллизовать, что во многих случаях очень сложно или просто невозможно сделать. И тут-то на помощь приходят природные пептиды, очень специфичные и феноменально стабильные — некоторые токсины выдерживают даже кипячение.

## Средства от боли и патогенов

Одна из самых распространенных медицинских проблем — боль. Только в России от хронической боли страдают около пяти миллионов человек, причем примерно на миллион из них не действуют ныне существующие анальгетики. Несколько лет назад американская фармацевтическая компания «Eli» выпустила обезболивающий препарат



5  
Морские анемоны *Heteractis crispata* и *Urticina grebelnyi*. Их токсины, возможно, заменят нам опиоидные обезболивающие

Зиконотид (Приалт), который представляет собой синтетический пептид конотоксин из яда морского хищного моллюска конуса *Conus magus*. Пептид блокирует кальциевые каналы, расположенные на нейронах, и исцеляет нейропатическую боль (боль, возникающую при поражении нервов). Исследователи полагают, что у этого препарата большое будущее.

Специалисты ИБХ РАН работали с другим морским животным, анемоной *Heteractis crispata* (рис. 5). Из нее выделили пептид-модулятор рецептора TRPV1 (Transient Receptor Potential Vanilloid 1). Этот рецептор играет ключевую роль в возникновении болевых ощущений при воспалении. Он представляет собой катионный канал, образованный четырьмя белковыми субъединицами. Чтобы рецептор возбудился, канал открылся и стал пропускать ионы натрия, нужно чтобы все четыре субъединицы изменили конформацию. На это уходит какое-то время. Пептид из анемоны, названный АРНС1, взаимодействует с рецептором, который находится в переходном состоянии (открывается, но еще не открылся), и блокирует его активацию. На рецепторы в обычном, возбужденном состоянии он не действует, что ценно. Ученые проверили эффект АРНС1 на мышцах. Пептид существенно повышает болевой порог, причем действует долго, несколько часов.

Другая морская анемона (актиния) *Urticina grebelnyi* синтезирует пептид, называемый UGTx1. Он подавляет активность рецептора ASIC3, натриевого канала, который реагирует на изменения pH среды и принимает участие в генерации болевого импульса.

Еще один пример токсина-анальгетика — пептид РТ1, выделенный из яда паука *Geolycosa sp.* Он взаимодействует с рецепторами P2X. Существует несколько типов этих рецепторов, у них разные функции, в том числе они регулируют болевой ответ. Низкомолекулярные соединения, которые взаимодействуют с этим рецептором, имеются, но, для того, чтобы они сняли боль, нужны очень высокие концентрации, десятки микромолей, которые вызывают неспецифические эффекты. Есть несколько возможных состояний канала: открытое, закрытое и состояние десентизации (значительного уменьшения чувствительности рецептора из-за длительного воздействия лиганда). Пептид РТ1 взаимодействует с рецептором и запирает канал в десентизированном состоянии. Пептид РТ1 успешно испытали на животных, он проявил себя как хороший анальгетик, к тому же избирательный, потому что с другими типами P2X, выполняющими другие функции, он не взаимодействует.



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Все эти обезболивающие пептиды хороши тем, что действуют эффективно, специфично и в концентрации, на порядок меньшей, чем такой эффективный анальгетик, как морфин, а РТ1 нужно на два порядка меньше. При этом пептиды, в отличие от морфина, не вызывают привыкания. Будем надеяться, что на их основе разработают хорошее и безопасное лекарство.

Токсины также могут помочь в борьбе с инфекционными заболеваниями. Антибиотики, казавшиеся когда-то панацеей, скоро перестанут помогать. В последние годы устойчивость патогенных микроорганизмов к лекарствам неуклонно растет. На смену антибиотикам могут прийти антимикробные пептиды. Они действуют быстрее антибиотиков, спектр их действия шире, возможность возникновения устойчивых микроорганизмов — существенно меньше. Эти пептиды действуют на клеточную мембрану, для защиты от них необходимо менять липидный состав, а это может потребовать очень много времени. Как показали специалисты ИБХ РАН, яд среднеазиатского паука *Lachesana tarabaei* содержит антимикробные пептиды CIT1a и Ltc3, которые подавляют рост хламидий *Chlamydia trachomatis* на 70—80%.

Пауки и другие ядовитые животные производят миллионы токсинов, закодированных неизвестным количеством генов. Ни один паучий геном пока не расшифрован. Но ученые осваивают методы выделения токсинов, анализа их свойств, поиска молекул с интересующим нас действием. Их структуру можно оптимизировать, чтобы токсины было легче синтезировать и не пришлось нам содержать паучьи фермы. Лекарственные свойства токсинов велики и неизведанны. Их еще изучать и изучать.

Статья написана по материалам лекции академика Е.В. Гришина, заведующего лабораторией нейрорецепторов и нейрорегуляторов ИБХ РАН на зимней школе «Современная биология & Биотехнология будущего» (Пушкино, январь-февраль 2013 года).

# Улучшение самоцветов



**В. Благутина**

Для одних это способ вложения денег, для других — коллекционные экземпляры, а третьи считают их элементом престижа. Их ценят за цвет, блеск, долговечность и отличное соотношение «цена/объем». Точную статистику по добыче и стоимости дать сложно, поскольку добыча многих драгоценных камней в удаленных районах развивающихся стран обходится сравнительно недорого. Чтобы получить представление о масштабах, можно привести такие цифры: в 2008 году объем торговли необработанными алмазами составлял 12,7 миллиардов долларов, а в начале 2000-х годов объем торговли цветными камнями достигал 6 миллиардов долларов в год.

## Легенда о топазе в куличе

Одна из причин высокой стоимости драгоценных камней — их редкость. Стандартный выход алмаза при разработке месторождения — 5 граммов на тонну породы, причем только 20% алмазов окажется ювелирного качества. Драгоценные камни — древние образования: данные о радиоактивном распаде микроскопических включений в алмазы свидетельствуют, что их возраст — от 970 миллионов до 3,2 миллиардов лет. Кстати, есть предположение, что алмазы старше 2,5 миллиардов лет образовались в результате окисления метана, а более молодые — в основном при восстановлении карбонатов. Так же, как нефть, драгоценные камни извлекают гораздо быстрее, чем они были созданы природой, и это повышает их ценность. Запасы самоцветов высокого качества понемногу иссякают. Но за рынок ювелирных камней мы можем быть спокойны: современные методы облагораживания и обработки превращают даже низкосортные образцы в произведения искусства.

Итак, важнейшие достоинства драгоценного камня — цвет, блеск и прозрачность. Конечно, прочность и долговечность тоже важны, однако стоимость камня определяют главным образом

## *Прокрашивание пористого халцедона (агата) разными веществами*

цвет и прозрачность. Именно те качества, которые нельзя изменить механическими средствами обработки — огранкой и полировкой. Но все-таки способы улучшения внешнего вида самоцветов есть, и используют их с незапамятных времен.

Один из самых древних видов облагораживания многих минералов — простой температурный отжиг. Уже в захоронениях египетских фараонов найдены образцы ярко-оранжевого халцедона, цвет которого, очевидно, получили именно таким способом. На Руси рассказывали забавную историю, как нерасторопная дьячиха пекла куличи и случайно запекла в тесте свою серьгу с дымчатым топазом, после чего он превратился в золотистый. В этой легенде есть неточность, поскольку дымчатый топаз (раухтопаз) — это на самом деле кварц, то есть окись кремния, и в топаз, самоцвет с другим химическим составом, он превратиться не мог. Зато мог получиться золотистый кварц, похожий на цитрин, который был в моде при Екатерине II. (И его, и дымчатый кварц иногда называют топазами.) Вот только дьячиха должна была совсем сжечь кулич, поскольку для изменения окраски нужно выдержать дымчатый кварц при высокой температуре как минимум сутки.

Современные способы облагораживания камней довольно разнообразны: термическая обработка или отжиг, одновременное воздействие высоких температур и давлений, облучение, окрашивание, заполнение трещин, пропитка, удаление включений. Один и тот же камень может пройти несколько этапов облагораживания — например, в алмазе высверливают включение, потом заполняют образовавшуюся пустоту. Иногда сходных результатов можно достичь разными методами — например, глубокую синюю окраску сапфира получают отжигом или термодиффузионным окрашиванием.

Часто обрабатывают алмазы, сапфиры, рубины, изумруды, топазы, не говоря о менее ценных ювелирных камнях. По оценкам некоторых специалистов, доля облагороженных камней на рынке к концу XX века достигла 2/3 — два камня из трех. Обработка, улучшающая внешний вид, становится обычной технологической стадией, подобной огранке и шлифовке.

К чему нам, простым смертным, знать эти подробности? Если облагораживание устойчивое и после обработки камень не изменится, что бы с ним ни происходило, — о том, что камень облагорожен, его владелец, скорее всего, не узнает никогда. Но оно может быть и неустойчивым. Поэтому важно знать, чем и как чистить дорогое сердцу украшение, можно ли с кольцом на руке заниматься домашним хозяйством, носить серьги при ярком южном солнце, о чем предупредить мастера, сдавая любимое кольцо в ремонт. К тому же «улучшенный» камень может

**Геммология** (от лат. «gemma» — драгоценный камень) — наука о самоцветах. Подавляющее большинство драгоценных камней — минералы, то есть природные химические соединения кристаллической структуры, образовавшиеся в ходе геологических процессов. Есть и другие драгоценные камни, которые также изучает геммология: аморфные опал и вулканические стекла, а также органические образования — янтарь, жемчуг, кораллы.

Сегодня границы понятия «драгоценный камень» размылись. Остались три вечных критерия — красота, долговечность и редкость, но и они уже довольно условны.

Было сделано немало попыток классифицировать драгоценные камни. Например, одна из российских градаций по Е.Я. Киевленко основана на стоимости самоцвета. В первую ювелирную группу (внутри нее еще четыре подгруппы) входят алмаз, изумруд, сапфир, рубин, александрит, опал, топаз и некоторые другие. Вторая группа — ювелирно-поделочные камни: горный хрусталь, нефрит и малахит, агат. Третья — поделочная: яшма, мрамор и прочие.



**1**  
*Термическая обработка (отжиг) изменяет цвет сапфира. Повторная обработка может усилить синюю окраску камня*

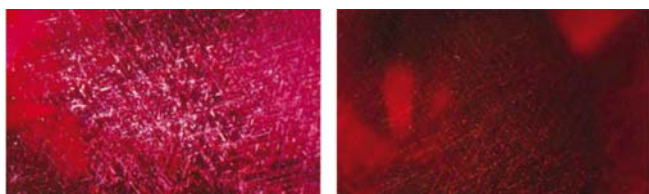
стоить в тысячи раз дешевле. Например, цена рубина, обогащенного свинцовым стеклом, — пять долларов за один карат, а нетронутого рубина — до 10 000 долларов.

**Температурой — по цвету**

Отжиг, пожалуй, самый распространенный метод обработки, он улучшает цвет ювелирных камней, делает их прозрачнее. Приобретенные при этом свойства уже не меняются с течением времени. Камни помещают в специальную печь и нагревают до значительных температур (иногда выше 2000°C). Результат зависит от самого камня, температуры, скорости нагревания и охлаждения, времени выдерживания при максимальной температуре, а также от давления и кислотности среды.

Сегодня так обрабатывают около 90% всех рубинов и сапфиров, используемых для ювелирных целей. И те, и другие — это корунды, то есть кристаллические оксиды алюминия с общей формулой  $Al_2O_3$ . Корунд, не содержащий примесей, бесцветен. Цветным камень становится, когда ионы  $Al^{3+}$  замещаются примесями, ионами переходных металлов с неспаренными электронами на внешних орбиталях, — Cr, Fe, Ti, V, Mn и др. Эти примеси становятся хромоформными центрами:  $Cr^{3+}$  придает камню красный цвет,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{3+}-Fe^{3+}$  — желтые и коричневатые оттенки,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{2+}-Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}-Ti^{4+}$  — зеленоватые, голубоватые и синие цвета,  $V^{3+}$  — фиолетовый цвет, как у александрита,  $Mg^{2+}$  — золотистый оттенок и т. д. А чтобы удалить нежелательные оранжево-красные оттенки, необходимо восстановить хромоформные центры, содержащие  $Fe^{3+}$ , до  $Fe^{2+}$ , что и происходит при высоких температурах в восстановительной среде. Хромоформные центры  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{2+}-Fe^{3+}$  и  $Fe^{2+}-Ti^{4+}$  придают корунду зеленоватые, голубоватые и синие цвета.

Отжигают корунды еще в сырье, до огранки и шлифовки, поскольку это не требует сложных лабораторных условий и больших затрат. Так получают синие сапфиры (рис. 1), а в рубинах, наоборот, удаляют нежелательный синий оттенок. Сапфиры Шри-Ланки и Кашмира — сероватого цвета, и потому



**2**  
*Растворение игольчатых включений рутила в рубине с помощью нагревания*



**3**  
*Преобразование невзрачного цоизита в танзанит термообработкой*

они долго считались непригодными для огранки. Оказалось, что при нагреве до 1600—1900°C они приобретают красивый синий цвет. Кроме того, нагрев может растворять «шелк» в камне (рис. 2), то есть игольчатые включения рутила (оксида титана  $TiO_2$ ). При термообработке оксид титана растворяется и переходит в форму  $Ti^{4+}$ , объединяясь с ионами железа. Получается хромоформный центр  $Fe^{2+}-Ti^{4+}$ , который придает корунду красивый синеватый оттенок.

Танзанит, аквамарин, голубой циркон, цитрин (разновидность кварца), демантоид отжигают уже несколько десятилетий. Например, большая часть добываемого цоизита имеет неприглядную коричневую окраску, а отжиг превращает его в синий или фиолетовый танзанит (рис. 3). Названный в честь Танзании (где находится его единственное месторождение), он стал широко известен благодаря ювелирной фирме «Тиффани» и Элизабет Тейлор, которая носила украшения с танзанитом. При продаже такого типа камней факт облагораживания даже не афишируется, поскольку считается рутинной операцией.

С рубинами, сапфирами и алмазами ситуация другая: отжиг сильно влияет на их стоимость. Эти камни после облагораживания выглядят гораздо привлекательнее, однако ценятся значительно ниже. Распознать, было ли температурное воздействие, трудно, поскольку нагрев, как и облучение, — процесс, близкий к природным. Однако это сделать можно: например, несовершенства (те же игольчатые включения) или неразмытые границы окраски подсказывают, что камень не обработали (рис. 4а). А вот обработанные аквамарин, цитрин, розовый топаз и дымчатый кварц сегодня практически невозможно отличить от природных аналогов.



**4**  
*После термообработки у сапфира немного размываются зоны окраски. Это один из признаков, по которому можно судить о том, что камень обработан (а). Поверхностное покрытие на топазе, хорошо видно в микроскоп (б). Диффузная объемная окраска сапфиров бериллием: чтобы ее обнаружить, нужно сделать химический анализ состава камня (в)*

**Радуга самоцветов**

Еще один распространенный способ облагораживания — подкраска. Когда-то камни подкрашивали медом, охрой, суриком и медным купоросом, но потом появились более сложные методы. Их часто применяют для улучшения корундов, в первую очередь сапфиров. Ограненный, но не до конца отполированный камень помещают в специальный контейнер, туда

же добавляют окрашивающие вещества — оксиды алюминия, титана, бериллия и других химических элементов. Оксиды титана увеличивают проникающую способность остальных веществ и обеспечивают равномерность окраски. Потом все нагревают до 1600—1800°С и выдерживают при этой температуре несколько дней или даже недель. За это время добавки проникают в сапфир, и образуется поверхностно-окрашенный слой около 0,1 мм. После этого камень полируют.

Определить такое прокрашивание несложно: в иммерсионном микроскопе виден и прокрашенный приповерхностный слой, и усиление окраски в трещинах и на ребрах (рис. 4б). С 2001 года термодиффузионное прокрашивание делают с помощью бериллия, который равномерно перекрашивает сапфир во все цвета радуги — он может стать розово-оранжевым, желтым, красным и ярко-синим (рис. 4в). Чтобы диагностировать бериллиевую диффузию, микроскопа недостаточно, нужно исследовать химический состав камня.

В камнях часто появляются трещины. С ними тоже научились справляться давно, заполняя их бесцветными веществами, такими как масла (кедровое, пальмовое), смолы, жидкое стекло, полимеры или пластик. Трещины заполняют и цветными веществами, тогда вдобавок усиливается окраска.

Чаще всего трещины заполняют в изумруде, рубине, опале и алмазе. Из камеры, в которую помещают камень и «наполнитель», откачивают воздух, нужное вещество само заполняет пустоты и застывает (рис. 5а). Есть даже методика специального генерирования трещин и заполнения их во всем объеме — так, горный хрусталь (бесцветный прозрачный кварц) после растрескивания и прокраски используют для имитации более дорогих цветных камней. Увидеть залеченные трещины

довольно легко — на их границах при медленном вращении видна радужная вспышка, «флэш-эффект». В таких изумрудах и рубинах могут быть видны и газовые пузыри. Если в заполняющий состав добавлен плохой краситель, то изумруд может даже оставлять следы на руках и вещах.

Следующая степень вмешательства — заполнение не тонких трещин, а впадин и углублений на поверхности. Так залечивают рубины низкого качества. Если впадины большие, то облагороженный камень уже нельзя назвать рубином, он скорее похож на «рубиново-стеклянный композит» (рис. 5б).

Отдельно надо сказать о пропитке пористых самоцветов, то есть жадеита, бирюзы, лазурита, культивированного жемчуга. Например, всеми любимая бирюза, точнее, гидратированный фосфат алюминия и меди  $CuAl_6[PO_4]_4(OH)_6 \cdot 5H_2O$ , — относительно мягкий камень. К тому же он, теряя воду, бледнеет — стареет, как говорят ювелиры. Этот процесс ускоряют кожный жир и различные химикаты. Чтобы избежать старения, бирюзу издавна пропитывали воском, парафином и жиром, а сегодня — коллоидным кремнеземом, жидким стеклом, различными органическими смолами. Пропитка и подкрашивание дарят жизнь низкокачественной бирюзе.

Агат (скрытокристаллическая полосчатая разновидность кварца), который в природе чаще всего встречается в виде невзрачных агрегатов серого цвета, окрашивают неорганическими солями хрома (зеленый цвет), железа (желтый), кобальта (синий), никеля, меди и других металлов (см. рис. в начале статьи). Часто пропитку агатов сочетают с температурным обжигом. Еще в старину невзрачные серые агаты выдерживали в сахарном сиропе, а потом обжигали в печах, получая при этом замечательные ониксы с контрастным цветным рисунком. Окрашенные старыми мастерами агаты практически невозможно отличить от лучших природных образцов.



5  
Заполнение трещин в изумруде (а). Рубины с трещинами, залеченными силикатным (слева) и свинцовым (справа) стеклом (б). Топазы до и после облучения (в)

### Экстремальные условия

Цвет алмазов, топазов, бериллов и кварца легко изменить ионизирующим излучением. Первые эксперименты были сделаны на рубеже XIX—XX веков, а сегодня облучение — общепринятый метод облагораживания. Камни облучают ультрафиолетовым, рентгеновским, гамма-излучением (или несколькими сразу), воздействуют на них потоком электронов, протонов, нейтронов, альфа-частиц. Облучение солями радия делает алмазы зелеными, облучение нейтронами — коричневыми, облучение потоком электронов — голубыми (рис. 6). Есть несколько вариантов объяснений, почему при облучении меняется цвет камня — например, при облучении могут образовываться дефекты в кристаллической решетке (происходит отрыв и перемещение

### Механические тонкости

Большинство органических и неорганических камней приобретают привлекательный вид только после придания им определенной формы и полировки. Для всех камней основная первоначальная обработка — это галтовка, то есть очистка и обработка поверхности. Камень становится гладким и блестящим и в то же время сохраняет причудливые очертания исходного материала.

Исторически первый вид огранки — в форме кабошона. Она создает гладкую выпуклую поверхность без граней, выделяет цвет камня. Сегодня так обрабатывают непрозрачные или полупрозрачные камни, имеющие красивый цвет или полосатость, — малахит, бирюзу, агат, нефрит. Обработка в виде кабошона выявляет оптические эффекты: переливчатость, звездчатость (эффект сияющей звезды) и эффект кошачьего глаза (одна вертикальная линия). Если камень просвечивает, но темноват, то кабошон можно сделать невысоким, чтобы «осветлить» цвет, или сделать основание кабошона вогнутым.

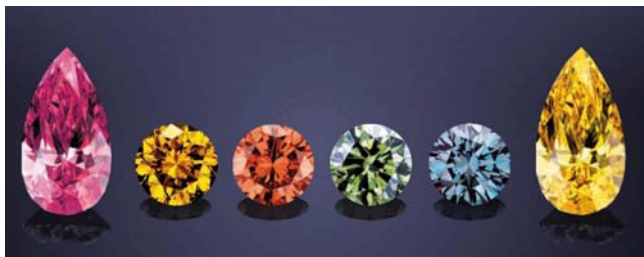
Большинство прозрачных камней обрабатывают фасетной огранкой. Отражение и преломление света от множества мелких отполированных граней придают камню блеск, дисперсия дает цветовую игру, а при движении относительно источника света появляется сцинтилляция — вспышки света. Сверкание драгоценного камня, связанное с отражением света от его граней, зависит от показателя преломления.

Для огранки и полировки используют полирующие порошки. Раньше это были «грубый» абразивный материал из наждака и более мягкий трепел — материал на основе кремнезема. Сейчас их почти полностью заменили металлические порошки, в частности оксиды церия и олова. Еще применяют алмазные и корундовые порошки, которые, конечно, гораздо дороже, но зато ускоряют обработку. Алмазные абразивы получают из технических или синтетических алмазов, из отходов ювелирного производства. Для огранки используют разные круги — для каждого драгоценного камня или группы камней существует свой. Как ни странно, поверхность

круга не обязательно должна быть металлической или стеклянной, она может быть сделана из мягких материалов: дерева, фетра, кожи и даже пластика.

Еще один тип обработки, известный тысячи лет, — резьба по драгоценным камням. Лучше всего известна китайская резьба по жаду (общее название для нефрита и жадеита). Сначала китайские резчики работали с нефритом из Восточного Туркестана, однако с XVIII столетия они стали использовать жадеит, который привозили из Бирмы. Камени (барельеф на камне или на морской раковине) и инталии (углубленный или отрицательный барельеф, например, для печатей) долгое время вырезали из раковин, кораллов и более твердых ювелирных материалов вроде сердолика. Потом появилась технология ультразвуковой резки, и стало возможно быстро создавать копии с камней известных мастеров. Применение ультразвуковой технологии увидеть несложно — она дает эффект «свежевыпавшего снега». Это позволяет отличить камеи ручной резки от копий. «Морозные узоры» заметны в углублениях камеи, даже если после ультразвуковой резки ее отполировали вручную.





6  
Облучение изменяет окраску бриллиантов



7  
Бриллианты, улучшенные методом НТНР (высокие температуры и давление)

электронов), причем как в исходных кристаллах, так и в примесях, также может меняться валентное состояние атомов. С помощью облучения или отжига можно получить топазы практически любого цвета: зеленоватые, коричневые, розовые, бесцветные (рис. 5в). Бесцветный кварц превращается в дымчатый и зеленовато-желтый, бледно окрашенный цитрин — в аметист.

Облучение не всегда дает стойкий эффект. Цвет камня может вернуться после нагрева или даже под прямым солнечным светом. Например, цвет облученного зеленого гидденита нестабилен и быстро исчезает. Еще облученные камни могут сохранять следы радиации (после облучения положительными частицами и нейтронами), поэтому такие образцы выдерживают до исчезновения остаточной радиоактивности. Поскольку камни подвергаются облучению и в природе, распознать такое облагораживание можно только в геммологических лабораториях, и то не всегда.

Сравнительно недавно, в начале 1999 года, на рынке появились алмазы, прошедшие новый вид обработки — НРНТ (High Pressure High Temperature). Их выдерживали в специальных аппаратах при высоких давлениях (до 7 ГПа) и при высоких температурах (до 2100°C). Таким способом из желто-коричневых, ярко-желтых или коричневых алмазов получают бесцветные, ярко-розовые, голубые, желто-зеленые и сиреневые (рис. 7).

Если в дорогом камне попадают включения, их можно высверлить лазером, удалив, а пустоту заполнить. В этом случае никаких иллюзий — специалист увидит в лупу иглоподобный канал. Некоторые камни отбеливают, но обычно это только подготовительный этап для дальнейшего облагораживания. Так, с помощью химических реагентов осветляют и выравнивают цвет жемчужин, а затем их облучают или окрашивают. Отбеливают слоновую кость, жадеит и халцедон, но этим же способом можно обесцветить и включения в алмазе — в высверленный лазером канал добавляют химические реагенты, которые их растворяют или изменяют цвет.

На камни также наносят защитный слой — после этого они лучше блестят и становятся более прочными. Например, лазурит, жадеит, бирюзу и опал покрывают воском или красят, а бесцветный берилл покрывают зеленым пластиком, чтобы имитировать изумруд. Это, наверное, самый недолговечный способ облагораживания: покрытие легко поцарапать или повредить химическими реагентами.

### Как распознать

Некоторые виды обработки можно разглядеть в обычную лупу или микроскоп — то же пластиковое покрытие на берилле, залеченные трещины в рубине или поверхностное прокрашивание топаза. Другие требуют более сложных исследований, например спектрального или химического состава камня. Некоторые виды облагораживания, близкие к природным (температурное воздействие или облучение), как мы уже говорили, диагностировать трудно, а иногда и невозможно.



## ТЕХНОЛОГИИ

Методы химического анализа постоянно развиваются, и геммологические лаборатории следят за новинками. Во многих крупных лабораториях есть коллекции камней из разных месторождений, в том числе образцы, облагороженные разными методами, — чтобы было с чем сравнивать. Например, в геммологическом центре геологического факультета МГУ, созданном в 1995 году, почти всегда могут определить сам факт облагораживания, его тип и степень, материал заполнителя, стабильность и обратимость результата.

Так что же получается, два камня из трех не совсем натуральные? Вовсе нет. Многие виды обработки делают камни более красивыми и износостойкими. Кроме того, облагораживание расширяет их ассортимент и снижает цену. Мы уже отмечали, что для многих самоцветов облагораживание — рутинный производственный момент. Это, например, аметисты и цитрины, рубины и сапфиры, аквамарины и изумруды, халцедон, жадеит, лазурит, опал, жемчуг, танзанит, тигровый глаз, топаз, бирюза. Найти на рынке такие необлагороженные камни высокого качества крайне сложно.

Вопрос «надо ли всем об этом знать?» активно обсуждают международные эксперты. С одной стороны, камни становятся чище, ярче и красивее, а с другой — облагораживание часто считают попыткой мошенничества. Когда покупатель не знает, что купил облагороженный камень, у него нет и повода для беспокойства. А полная информированность может вообще отратить людей от покупки ювелирных камней. Опытные торговцы камнями обычно раскрывают информацию лишь отчасти: они могут сообщить о термодиффузионном окрашивании (его признаки легко обнаружить), но молчат об отжиге сапфиров, который трудно диагностировать.

В большинстве стран, в том числе и в России, законодательство и нормативные акты не регламентируют торговлю облагороженными камнями. Другие страны регулируют этот процесс, принимают определенную классификацию и маркировку. Например, согласно правилам Федеральной торговой комиссии США (FTC), факт облагораживания необходимо раскрывать в следующих случаях: если результат может быть обратим, если облагороженный камень требует бережного отношения (при этом продавец должен дать рекомендации по уходу за камнем), если факт облагораживания значительно влияет на стоимость камня. В этой области на стыке экономики, технологии и психологии еще есть узкие места, но рано или поздно специалисты наверняка придут к согласию.

Мало кто может себе позволить купить редкий и совершенно натуральный самоцвет. Редкие их экземпляры большей частью находятся в музеях, частных коллекциях или передаются по наследству в известных династиях. Задача же остальных — радовать, украшать и создавать настроение. И с этой задачей справиться любой камень в витрине, ведь затем его и делали красивее.

### Литература

- М.И.Пшеничный. Ювелирные камни и технологии их обработки. «Российский химический журнал», 2010, LIV, 2, 123—127.  
Lee A. Groat. Gemstones. «American Scientist», 2012, 100, 2, 128, doi: 10.1511/2012.95.128.

Фотографии любезно предоставлены М.И.Пшеничным



© Natalya Palenichka | Dreamstime.com

# Пять металлов и много мяса

Л. Стрельникова

## Постановка задачи

Во все времена промышленность ставила задачи перед наукой. Сейчас в России это скорее исключение, чем правило, потому что промышленность слабенькая. История, о которой пойдет речь, — одно из таких вдохновляющих исключений.

Любое дело начинается со слова. И произнес его один из крупных российских поставщиков премиксов и компонентов для их изготовления. Напомню, что премиксы — это добавки в корма, которые содержат витамины, аминокислоты и очень важные для живого существа микроэлементы марганец, цинк, железо, медь и кобальт.

Слово было произнесено пять лет назад: «Сергей, не хочешь заняться премиксами? Американцы выпустили органические соединения металлов, которые хорошо усваиваются животными, для добавки в корма. Отлично работает, но дорого, очень дорого. Может, сделаешь наши, российские?» Сергей — это Сергей Петрович Воронин, основатель и директор «Биоамида» в Саратове. «Биоамид» — одна из самых эффективных российских биотехнологических компаний, которая продает на Запад лицензии на свои биотехнологические процессы и внедряет биокатализ на российских химических и фармацевтических заводах (см. «Химию и жизнь», 2006, № 10). А что касается «американцев», то действительно несколько лет назад американская компания «Alltech» и немецкая «Biokey» начали усердно выводить на наш рынок органические формы микроэлементов для комбикормовой промышленности.

«Мне, конечно, есть чем заняться в этой жизни, — рассказывает С.П.Воронин. — Но тут я задумался, потому что вдруг понял, что смогу это сделать. Точнее, даже не понял, а почувствовал». С этого и началась наша история.

## Обзор

Здоровье, красота, энергия — все это нужно каждому из нас. И все это в огромной степени зависит от того, что мы едим. Поэтому тысячу раз прав тот, кто придирчиво выбирает продукты на рынке. Мы, несомненно, можем по внешнему виду и запаху оценить свежесть продуктов. Но как заглянуть внутрь, например, мяса? Как убедиться, что оно получено от здоровой птицы или свинки? Здоровой в том широком смысле, что носители белков и жиров, будь то куры или коровы, отличались завидным аппетитом, активностью, хорошим иммунитетом и правильным метаболизмом, прежде чем попасть на наш стол. Мясо именно таких животных наиболее полезно.

А между тем мяса в России едят все больше: с двухтысячного года его потребление в России выросло на 64%. По данным Минсельхоза, в прошлом году на каждого жителя приходилось в среднем 73,8 кг мяса. Чаще всего мы едим мясо птицы (27,1 кг) и свинину (22,9 кг), на долю говядины приходится лишь 16,5 кг. Радует, что 88% съедаемой птицы, 76% свинины и 68% говядины — российского производства. К слову сказать, на Западе мяса едят больше: около 80 кг — в Европе и 110 кг — в США. Это вовсе не означает, что мы должны гнаться за западными показателями. На мой взгляд, российский норматив 75 кг, рекомендуемый врачами, гораздо более разумен и физиологичен.

Но вернемся к качеству мяса. Пассаж «человек есть то, что он ест» в равной мере относится и к животным. Что едят сельскохозяйственные животные? Комбикорма, потому что на всех птиц, свиней и коров не напасешься зерна и свежего сена. «Знаете, сколько нужно ячменя скормить, чтобы получить килограмм свинины? Восемь килограммов! А когда даешь комбикорм, в котором сбалансированы витамины, аминокислоты и микроэлементы, то хватает трех–четыре килограммов», — рассказывает Сергей Воронин.

Комбикорм — перемолотые злаки или кукуруза — совсем не плох, он содержит много белка, нужного животным. Но вот чего в таком корме не хватает, так это микроэлементов. Они, безусловно, есть. Однако, во-первых, их меньше, чем было прежде, потому что почва из-за интенсивного земледелия быстро обедняется. Во-вторых, их недостаточно, чтобы сгладить последствия от индустриального способа производства курятины, свинины и говядины. В тесных клетушках и загонх животных испытывают стресс от недостатка движения, солнца и воздуха, от инфекций, которые при такой скученности распространяются стремительно. Для того чтобы не только выжить, но еще быстро и полноценно расти, животным нужен отличный иммунитет и метаболизм. А они, в свою очередь, требуют бесперебойной поставки строительного материала и регулирующих инструментов, к числу которых и относятся микроэлементы. Хронический недостаток хотя бы одного компонента может стать тем самым лимитирующим фактором, который сведет на нет все усилия птицеводов и животноводов.

Еще в XIX веке знаменитый химик Юстус Либих (1803—1873) вывел закон минимум, или закон ограничивающего фактора: наиболее значим для организма тот фактор, который более всего отклоняется от оптимального значения. Если в организме не хватает какого-то важнейшего элемента или вещества, то в «бочке», содержащей жизненную силу, образуется дырка, через которую эта сила и будет бесостановочно утекать.

Природа мудра, и она постаралась свести к минимуму количество незаменимых факторов, обучив организм животного синтезировать многие аминокислоты и даже некоторые



витамины. Все остальное, незаменимое, природа заключила в пищу. Но если мы можем представить синтез аланина и тирозина в биохимической системе живого существа, то синтез химических элементов — натрия, калия, кремния, железа и других — невозможен в принципе.

Вот почему в комбикорма животным добавляют премиксы — смеси, содержащие все незаменимое (аминокислоты, витамины, макро- и микроэлементы).

В группу обязательных микроэлементов входят пять металлов: марганец, цинк, железо, медь и кобальт (на самом деле живому организму нужны еще селен, иод и другие). Они должны быть в каждом корме в достаточном количестве, потому что у каждого из них своя уникальная роль. Марганец входит в состав многих ферментов, влияет на формирование и развитие скелета, на рост животного и его способность к размножению, участвует в тканевом дыхании, синтезе иммуноглобулинов и холестерина, утилизации жиров. Цинк также входит в состав различных ферментов, в том числе инсулина, он необходим для синтеза РНК и нормального обмена веществ, повышает интенсивность распада жиров, участвует в кроветворении, играет ключевую роль в половой функции животного. Про железо можно было бы и не говорить, поскольку все знают, что оно необходимо для синтеза гемоглобина, в котором сосредоточены более половины его запасов в организме. Его роль — кроветворение и дыхание в клетках. Медь тоже участвует в кроветворении — синтезе красных кровяных телец, а кроме того — коллагена, ферментов кожи, она входит в состав меланина. А еще способствует правильному усвоению железа, развитию соединительных тканей и сосудов. Кобальт влияет на углеводный обмен, стимулирует синтез мышечных белков, улучшает работу кроветворных органов, участвует в выработке витамина  $B_{12}$  и инсулина.

Этого краткого перечня вполне достаточно, чтобы признать: без волшебной пятерки металлов хорошего мяса не произвести. Не будет этих микроэлементов, животные начнут чахнуть, болеть, плохо расти и размножаться. Ни привеса нормально, ни мяса тебе хорошего качества от здорового комбикорма.

Казалось бы, какие проблемы? Добавляйте в комбикорм пять металлов в нужном количестве, и все будет хорошо. Но в этом-то и проблема — что добавлять. Животные не едят металлы. Максимум, что им смогли предложить, это неорганические соединения металлов — оксиды или соли. Однако и это не выход. Представьте, что в корм подмешали медный купорос или ржавчину. Не надо быть биохимиком, чтобы догадаться: лишь очень малая часть этих веществ будет усвоена организмом. Так оно и есть. Поэтому солей и оксидов в корма добавляют много, в сумме около 700–900 грамм на тонну, а то и больше килограмма, авось хоть что-то будет усвоено и принесет пользу животному. Надежда на это слабая, потому что сам подход не физиологичен.

Давайте присмотримся к диким животным: откуда они берут микроэлементы? Уж они-то точно не лизут купорос и ржавчину. Да им этого и не надо. Им хватает тех микроэлементов, что содержатся в растениях и воде. А какая разница, спросите вы? Разница огромная. Микроэлементы, которые растения высасывают из почвы, движутся по его капиллярам в

объятиях аминокислот. Такая комбинация «металл-аминокислота» делает микроэлемент биодоступным, то есть организм животного (да и человека) легко усваивает его, потому что прекрасно обучен не пропускать ни одной молекулы аминокислоты — они нужны для строительства белков. А вместе с аминокислотой организм ухватывает прицепленный к ней металл. Так что получается двойная польза для животного. Если же мы предложим организму медный купорос, то он не будет знать, что с ним делать, и большую часть поспешит вывести известным путем.

Ситуация изменилась совсем недавно. Западные компании выпустили на рынок органические микроэлементы. Делают их из гидролизированных соевых белков, то есть белков, распавшихся на части. Гидролизат представляет собой кашу из разных аминокислот и коротких пептидов, в которую и добавляют нужные металлы. Аминокислоты образуют с металлами так называемые хелатные соединения, которые организм умеет усваивать гораздо лучше, чем неорганику. Современное, технологично, эффективно, но очень дорого. Поэтому российские птичники используют эту дорогую добавку только в предстартовых кормах для бройлеров — первые десять дней. А дальше кормят в лучшем случае сульфатами, в худшем — оксидами и карбонатами.

## Гипотеза

Предложение, высказанное известным поставщиком, легло на благодатную почву. К тому времени в «Биоамиде» уже создали уникальную промышленную биотехнологию для получения L-аспарагиновой кислоты — чистого изомера, который только и распознают живые системы, поскольку белки, за редчайшим исключением, состоят из «левых» аминокислот (подробнее читайте об этом в «Химии и жизни», 2006, № 10). Из «левой» аминокислоты в «Биоамиде» совместно с коллегами из Волгоградского медицинского университета под руководством академиков РАМН В.И.Петрова и А.А.Спасова сделали медицинский препарат «Аспаркам-L» — калий-магниевую соль аспарагиновой кислоты. Тогда-то волгоградские фармакологи показали, что L-аспарагиновая кислота, столь привычная и узнаваемая для организма, как локомотив, тащит калий-магниевый паровозик в обход всех светофоров и легко доставляет его в клетки. И делает это она значительно лучше, чем рацемат (смесь L- и D-изомеров) или D-изомер.

Но если локомотив работает с калием и магнием, то почему бы не попробовать с другими металлами? Усваиваться аспарагинаты будут на 100%. Вопрос лишь в том, сколько микроэлементов нужно организму животного. «За ответами иду к Александру Петровичу Коробову, заведующему кафедрой кормления сельскохозяйственных животных Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И.Вавилова, — рассказывает С.П.Воронин. — Он дает мне классический немецкий учебник для студентов, — читай!»

Согласно прописям, которыми пользуются при изготовлении кормов, в частности — для бройлеров, в тонну корма полагается добавлять 100 г чистого марганца, 70 г цинка, 25—40 г железа, 5—10 г меди и один грамм кобальта. Добавляют их в виде неорганических соединений, количество которых определяют, решая простую школьную задачку: в каком количестве соли или оксида будет содержаться такое-то количество металла.

«Неправильно пишут в методичках — марганца столько-то, цинка столько-то, не указывая при этом, в виде какого соединения. Разные вещества усваиваются по-разному, — рассуждает С.П.Воронин. — Возьмем, к примеру, марганец, его требуется больше всего. Поэтому для кормов берут что подешевле — диоксид марганца. Но ведь это одно из самых нерастворимых веществ! Помню еще из школьного курса, что его производство растворимости десять в минус четыр-

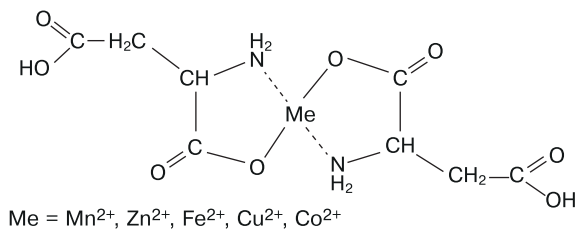
надцатой! О каком усвоении тут может идти речь? Прямая дорога ему — в навоз. А нам важно знать, сколько в организме задержалось и начало работать в клетках».

В том немецком учебнике, который читал Сергей, ответ все-таки был: марганец из неорганических соединений усваивается на 5%. Цифра «пять» прочно засела в голове, и гипотеза сформировалась окончательно: если в корма добавлять микроэлементы в виде аспарагинатов, которые усваиваются на 100%, то количество этих добавок можно уменьшить в 20 раз.

Наверное, успех, сопутствующий С.П.Воронину во всех его начинаниях, связан с тем, что рядом с ним всегда были прекрасные учителя, известные российские ученые. Вот и на этот раз он отправился в Москву, чтобы обсудить свою идею с академиком РАСХН Львом Константиновичем Эрнстом. «Знаешь, Сережа, это революцией похвачивает, — заметил Лев Константинович. — Пойдем-ка к Фисину, обсудим». Владимир Иванович Фисин, академик, первый вице-президент Российской академии сельскохозяйственных наук, известнейший в мире птицевод, внимательно выслушал «революционера» и вынес вердикт: «Выглядит логично, давайте пробовать». Так был дан старт первым экспериментам в Научно-исследовательском и технологическом институте птицеводства (ВНИТИП) в Сергиевом Посаде, вотчине В.И.Фисина, где он — почетный гражданин

## Эксперимент и обсуждение результатов

Сделать аспарагинаты всех пяти металлов не составило труда. К тому времени биотехнология получения аспарагиновой кислоты из фумаровой с помощью микроорганизмов, которую разработал М.К.Синолицкий, сотрудник «Биоамиды», была уже отлажена, запатентована и работала вовсю на про-



изводстве аспаркама. А сделать из кислоты ее соли — задача для химиков тривиальная. Хотя, разумеется, и здесь есть некие тонкости и проблемы, связанные с технологичностью процесса, но их успешно разрешил А.П.Гуменюк со своими сотрудниками.

Аспарагинаты металлов получили в виде отдельных порошков. А позже саратовская команда усовершенствовала процесс и научилась делать порошки, содержащие аспарагинаты всех пяти микроэлементов одновременно в необходимом соотношении, с частичками размером 50 микрон. Препарат назвали ОМЭК — органический микроэлементный комплекс.

Эксперименты в Сергиевом Посаде начались с жарких споров — сколько добавлять органических микроэлементов в корма. Сергей настаивал на 5% от дозы металлов, вводимой в виде солей или оксидов, то есть в 20 раз меньше. Заместитель директора по научной работе ВНИТИПа академик И.А.Егоров сопротивлялся: «Ну мы же взрослые люди! Пять процентов — это ничто. Давайте попробуем хотя бы двадцать, никак не меньше». Сергей согласился, но при условии, что будут проверены и десять, и пять процентов.

Первые же испытания на курах-бройлерах показали, что 20% работают так же, как и 100% неорганических добавок. Уже хорошо, потому что расход металла в пять раз меньше при том же результате. Но вот 5 и 10% удивили даже бывалых птичников.



Листаю отчеты по испытаниям ОМЭК на Михайловской и Тащевской птицефабриках в Саратовской области, на Галичской — в Костромской, на птицефабриках в Волгограде и в Белоруссии. Привес, падеж, яйценоскость конверсия корма, прибль... Поголовье — от пятнадцати тысяч до ста. И везде картина одинаковая: добавка в корма небольшого количества ОМЭК (в 15—20 раз меньше по металлам, чем в неорганических добавках) снижает падеж птицы, увеличивает привес мяса у бройлеров и яйценоскость кур на ощутимые проценты. При выращивании цыплят на фабриках обычно теряют два процента молодняка, с ОМЭК — один. И во всех случаях биохимики подтверждали: концентрация микроэлементов в крови животных нормальная. То есть столь небольшое количество микроэлементов усваивалось полностью, и его было достаточно.

В 2011 году на агрокомбинате «Дзержинский» в Белоруссии ОМЭК испытывали на 75 тысячах цыплят. Через 42 дня увидели такой привес по сравнению с контролем, которого отродясь на этой птицефабрике не было, — 62,7 грамма в сутки. И конверсия корма в то время была рекордной — 1,73 кг. Хотя сегодня привес уже 70 г, а конверсия корма — 1,64.

Конверсия корма — один из ключевых параметров, по которому оценивают эффективность питания животных. Курица может вырасти до двух килограммов, но при этом она съест 3,6 кг кормов, то есть 1,8 кг корма на килограмм выращенного мяса. Это и есть конверсия. С ОМЭК она снижается.

Саратовские биотехнологи внимательно анализировали результаты: сколько корма съели, сколько мяса дали. Оказалось, что с ОМЭК хозяйства экономят 100 г корма на каждый килограмм бройлерного мяса и 50 г корма на десятке яиц. Иными словами, при переходе от купороса к аспарагинатным препаратам по всей России экономится около двух миллионов тонн зерна в год!

Эксперимент на курицах проводить удобно: бройлеры растут всего 38 дней. Но есть результаты экспериментов и на свиньях, которых выращивают гораздо дольше, не меньше полугода. Эксперимент проводили в Саратовской области, в хозяйстве, где держат две тысячи свиней. Оказалось, что свиньи более зависимы от микроэлементов, им нужно их больше, чем птице. Поэтому лучшие показатели получились при десяти процентах, когда количество металлов в виде аспарагинатов, добавляемых в корма, было в десять раз меньше, чем в виде неорганических соединений. Дополнительный привес на каждую свинку составил почти два килограмма, а за шесть месяцев удавалось вырастить свиней весом более 100 кг.

Здоровье животного и его продуктивность — система сложная, зависящая от многих факторов. Качество комбикорма меняется от сезона к сезону, особенно туго весной, которую называют периодом бескормицы. Плюс всякие болезни, стрессы, качество воды, температурный режим, вакцинация, да мало ли что еще. Но даже на этом фоне ОМЭК демонстрирует эффективность. Хотя микроэлементы — лишь часть инструмента по выращиванию птицы, хорошая и важная часть, но она не заменит всего.

ОМЭК — продукт, конечно, дорогой, хотя и дешевле американского соевого препарата. Но его надо мало! Традиционные неорганические добавки дают 100 г металла на тонну, американский препарат — 30 г, саратовский — 5—10 г. И, как говорит Воронин, «здесь мы можем поискать свое экономическое счастье». Все неоднократно посчитано. Доза микроэлементов на тонну корма в виде ОМЭК в три раза дешевле по сравнению с американской.

## Выводы

«Когда мы уже запустили производство, я прочитал книгу профессора А.Н.Скального, известного специалиста в области микроэлементов в медицине, — рассказывает С.П.Воронин. — И там черным по белому написано, что микроэлементы

лучше всего доставляет в клетки аспарагиновая кислота. Оказывается, идея лежала на поверхности, но почему-то ее никто не подхватил. А я сформулировал ее заново». Мне ответ ясен: идеи генерируют и подхватывают те, кто умеет много, напряженно и целенаправленно работать.

От идеи до налаженного опытного производства ОМЭК прошло пять лет. Третью часть средств на этот проект выделил Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «СТАРТ». Для решения этих задач была создана «Саратовская биотехнологическая корпорация-2007». Когда успех стал очевиден, у компании появились частные инвесторы, расширился круг учредителей, которые пришли с деньгами. И процесс пошел.

Технология ОМЭК, разработанная в Саратове, создана на стыке трех научных направлений: органической химии, биотехнологии и фармакологии. Но она современна не только по своей сути и научному подходу. Времена изменились, на смену расточительству приходит экономия всех видов ресурсов. В этом смысле саратовская технология — идеальный пример. Во-первых, она позволяет экономить миллионы тонн зерна каждый год, которые идут на изготовление кормов, но при этом получают больше мяса и яиц. Во-вторых, она в 10—15 раз уменьшает количество марганца, цинка, железа, меди и кобальта, добавляемых в корма. А это значит, что руды, запасенные в земле, из которых эти тяжелые металлы извлекают, дольше послужат нашим потомкам.

Есть еще и важный экологический аспект. Микроэлементы, они же тяжелые металлы, по большей части отправляются в навоз, если животным скармливать их соли и оксиды. Навоз — не предмет экспорта, поэтому его обычно сваливают неподалеку от ферм. Тяжелые металлы, накапливаясь на этих территориях из года в год, отравляют земли. ОМЭК позволяет уменьшить эти токсические пятна в несколько раз.

И очень важный и современный аспект — патриотический. Прежние советские заводы, производившие компоненты премиксов, закрыты. Сегодня российские изготовители кормов покупают аминокислоты, витамины и соли с оксидами в Китае, микроэлементы с соевым белком — в Голландии и США и просто смешивают их в необходимой пропорции на своем оборудовании. Теперь, с появлением ОМЭК, хотя бы микроэлементная часть в этой системе будет отечественной.

Как будет развиваться история дальше, покажет время. Блестящее решение проблемы микроэлементов для животных в России найдено. Теперь дело за птицеводами и животноводами. От них зависит, будет ли у нас на прилавках больше здорового и полноценного мяса. Ведь нам с вами микроэлементы тоже не помешают. И хорошо, если мы будем получать их с мясом и яйцами тоже.

Кстати, это же решение можно использовать и для изготовления витаминов с микроэлементами для людей. Пока что в такие комплексы добавляют неорганические соединения необходимых нам металлов. Но это уже другая история.



# Редкая соль земли

Художник С. Дергачев



С.М.Комаров

*Запрет вина — закон, считающийся с тем,  
Кем пьется, и когда, и много ли, и с кем.  
Когда соблюдены все эти оговорки —  
Пить признак мудрости, а не порок совсем.*  
Омар Хайям

## Гомеопатия для растений

Тяжелые металлы для жизни вредны. Радиоактивные — тем более. Однако в конце XX — начале XXI века именно тяжелые металлы обеспечили своего рода революцию в сельском хозяйстве: в КНР площади культур, которые удобряют редкоземельными элементами, стремительно растут и уже исчисляются миллионами гектаров. Каким образом металлы, расположенные в таблице Менделеева далеко за вреднейшими медью и кадмием, помогли повысить урожай самой многонаселенной страны планеты в среднем на 5—15%, а в отдельных случаях и в полтора, и в два раза?

История изучения этого вопроса началась в 30-х годах. Заключившийся период «бури и натиска» в химии, были открыты все химические элементы и обнаружена их способность превращаться друг в друга — радиоактивный распад, хотя до атомной бомбы

было еще далеко. Исследователи, столкнувшись со всем этим химическим разнообразием, пытались понять, как его можно использовать в технике, и выясняли, какую роль разные элементы играют в жизни растений и животных. В частности, этим вопросом занимался А.А.Дробков, проявляя изрядное хитроумие в своих экспериментах. Например, изучая роль микроэлементов, он помещал разные корешки одного и того же экземпляра растения одновременно в четыре сосуда с растворами разного состава и следил за реакцией. Эффект порой оказывался значительным; так, в одном из опытов корешки гороха, оказавшиеся в питательном растворе, обогащенном магнием, росли гораздо лучше, чем соседи в таком же растворе, но без ионов этого металла. Именно Дробкову принадлежит приоритет в изучении роли редкоземельных, в том числе радиоактивных, элементов в жизни растений.

Опыты он ставил в двух вариантах: в растворе и в искусственном грунте. Базовый раствор представлял собой смесь Гельригеля (состав в граммах на литр воды:  $0,492 \text{ Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $0,136 \text{ KN}_2\text{PO}_4$ ,  $0,075 \text{ KCl}$ ,  $0,06 \text{ MgSO}_4$ ,  $0,025 \text{ FeCl}_3$ ) с добавкой бора, жизненно важного микроэлемента. В таком растворе выращивали контрольные экземпляры, а для экспериментов в него вносили добавки. В случае с искусственным грунтом растения сажали в чистый кварцевый песок с питательными веществами

и время от времени подкармливали раствором с исследуемыми элементами. Цель у этих опытов была не прикладная — найти правильный состав удобрения, а фундаментальная — определить роль элементов в жизни растения.

Возможно, интерес к влиянию редкоземельных металлов на растения возник из-за того, что в ходе интенсификации сельского хозяйства резко возросло производство минеральных удобрений, в частности фосфорных из хибинских апатитов, а в них содержание редкоземельных элементов весьма велико (0,7—3,5%). Есть там и радиоактивные актиниды. Другие источники фосфора для сельского хозяйства — костная мука и фосфориты, и в них РЗМ тоже немало, до 0,8%. Это гораздо больше, чем в наиболее распространенных отечественных почвах — подзолах и суглинках (0,01—0,08%).

Опыты показали: и редкоземельные элементы, и радиоактивные жизненно необходимы растению, но в малой дозе, в больших же — губительны. Вот некоторые подробности.

Сама по себе смесь Гельригеля, содержащая, казалось бы, все основные химические элементы, нужные растению, — фосфор, азот и калий, причем в требуемых пропорциях, оказалась совсем неблагоприятной для растений: раз за разом экспериментальный горошек погибал раньше, чем наступало время цветения, такие опыты даже не могли служить контролем. Добавки бора в виде борной кислоты дело улучшили: цветения удавалось добиться, и даже горошины завязывались, но мелкие — их взяли в качестве контроля. А вот небольшие добавки азотнокислых солей редкоземельных элементов — церия, лантана, неодима, празеодима, иттрия и диспрозия (именно тех элементов, которых больше всего и в природной почве, и в фосфорных удобрениях) — давали качественное изменение результата. Так, если в шестилитровый сосуд добавляли один миллиграмм РЗМ (в пересчете на оксид редкоземельных металлов) в виде их нитратов, вес сухого стручка вырастал на 291% по сравнению с контролем. Пять миллиграммов эффект снижали — вес увеличивался лишь на 198%. При оптимальной дозе вес сухих стеблей возрастал на 58%, а корней — на 61%. На начальных фазах роста редкоземельные элементы сказывались слабо, зато вовсю проявляли себя в момент перехода к цветению: горох резко ускорял рост по сравнению с контролем. Аналогичный эффект вызывали добавки радия, а также актиноидов — тория и урана. Так,  $10^{-11}$  грамма радия в виде хлорида, растворенного в том же шестилитровом сосуде с питательным раствором, увеличили сухой вес стеблей на 186%, десятикратное же увеличение концентрации привело к снижению эффекта до 169%. Для семян, впрочем,  $10^{-10}$  грамма радия было в самый раз — их сухой вес вырос на 309%. Впрочем, и соседние «гомеопатические» дозы ( $10^{-11}$  и  $10^{-9}$  грамма) были неплохи: увеличивали урожай на 282 и 237% соответственно.

Другая серия опытов была поставлена на кок-сагызе (напомним, что тогда, в середине 30-х, еще не было искусственного каучука и советское правительство из-за трудностей с закупкой зарубежного сырья рассчитывало получать каучук из корней этого среднеазиатского одуванчика). Кок-сагыз выращивали не в растворе, а в кварцевом песке, опять-таки добавляя туда РЗМ в виде нитратов, а радий — в виде хлорида. Результат принципиально был тем же: добавка РЗМ в дозе  $10^{-3}$  грамма на 10 кг песка увеличивала вес корней на 121%, в дозе  $10^{-2}$  — практически не меняла;  $10^{-8}$  грамма радия увеличивали вес корней на 150%. При этом содержание каучука изменялось значительно: 178%, 201% и 150% соответственно.

## Печальная практика

Отсюда следовали важные выводы. Во-первых, и РЗМ, и радиоактивные элементы жизненно важны для растения. Во-вторых, они влияют не только на усвоение питательных веществ, обеспечивая большую скорость роста корней, стеблей и плодов, но и вмешиваются в процессы регуляции биосинтеза, увеличивая скорость образования одних веществ (того же млечного сока у кок-сагыза) и уменьшая — других. А



кроме того, полезная доза этих элементов весьма мала, значительно меньше природного содержания этих металлов. Как нетрудно вычислить, в опытах с кок-сагызом при эффективной дозе  $10^{-3}$  грамма на 10 кг песка концентрация РЗМ составляла  $10^{-5}\%$ , что на три порядка меньше, чем содержание в суглинке.

Это последнее обстоятельство, видимо, в значительной мере определило судьбу микроудобрений на основе РЗМ, потому что последовавшие после войны опыты в поле давали противоречивые результаты. Как правило, применяли две методики: замачивание семян в растворе солей РЗМ, в первую очередь церия, как самого распространенного, и опрыскивание таким раствором листьев. Концентрация была в десятки раз больше, чем в опытах Дробкова, — от 50 до 300 мг РЗМ на литр. Оказалось, что на разные виды растений и даже на разные сорта эти процедуры могут действовать в противоположных направлениях. Так, замачивание кукурузы в хлориде церия (200 мг/л) привело к снижению урожая на 45%, опрыскивание пшеницы в концентрациях от 10 до 200 мг/л не дало никакого результата, опрыскивание сахарной свеклы раствором 50 и 100 мг/л увеличило массу клубней на 24% и 178% соответственно, причем содержание сахара в них не только не уменьшилось, но слегка выросло. Угнетающе такая обработка подействовала на томаты и фасоль — число плодов у них резко сократилось, соответственно уменьшился и урожай.

Эти опыты в СССР и странах СЭВ в целом закончились к середине 70-х годов. Стало очевидным, что использование РЗМ в качестве микроудобрений — дело возможное, но требующее значительных усилий от селекционеров и агрономов. В частности, необходимо будет найти ответы на некоторые важные вопросы: оптимальные сроки, дозы и способы внесения, роль РЗМ в жизни растений, их накопление и влияние на жизнь животных, поедающих такие растения. Нужно было выяснить, сколько РЗМ находится в почве того или иного района, в какой форме и сколь легко эти природные РЗМ могут поступать в растение. Открытым остался и вопрос, на каких почвах и в каких районах внесение фосфорных удобрений из апатитов с высоким содержанием РЗМ будет снижать урожай. И само по себе употребление веществ в малых концентрациях дело непростое, и точные химические анализы состава почвы на каждом поле вряд ли были доступны советским колхозам и совхозам, поэтому редкоземельные удобрения отошли на второй план. Не спасли их ни идеи использовать отходы различных производств, содержащих РЗМ, ни то, что расчетный экономический эффект от такого дарового сырья оказывался немалым. Наверное, свою роль сыграла и традиционная для развитого социализма невосприимчивость экономики к новациям.

## Китайский опыт

На Западе эти идеи никакой популярностью не пользовались, чему могли способствовать как отсутствие запасов РЗМ в Европе, так и недоступность советских научных работ из-за языкового барьера. А вот китайцы, с большими запасами РЗМ и хорошим знанием русского языка, эстафету переняли и в 1972 году начали систематические исследования эффекта. Уже в 1984 году 0,37 млн. га в КНР обрабатывали экспериментальным удобрением «Нонгле», что означает «Счастливым фермер», на основе хлоридов РЗМ. В 1986 году началось промышленное производство

удобрения «Чангле» («Счастлив навсегда»), действующим веществом которого были нитраты легких РЗМ — церия, лантана, празеодима и неодима. К 1998 году эти препараты испытали уже на ста культурах, а на площади 2,8 млн. га земли их применяли для коммерческого выращивания урожая, увеличивая его на 5—10%. Несомненно, что столь бурному расцвету поспособствовали и сама политика Дэн Сяопина по построению социализма с учетом национальной специфики на основе четырех модернизаций, и вызванное ею бурное развитие добычи РЗМ. Начав добычу в 80-х годах, Китай быстро вышел в мировые лидеры, с помощью демпинга успешно подавил конкурентов, в частности из СССР, и теперь диктует миру цены на свою продукцию.

Поскольку дозы микроудобрений с РЗМ составляют сотни граммов на гектар в год или десятки миллиграммов на килограмм семян при их замачивании в удобрениях или обволакивании питательной оболочкой, экономическая эффективность такого приема очень высока. Сравним масштабы: четыре пригоршни белого порошка, разведенные в бочке воды, в которой потом замачивают картошку для поля площадью в гектар, обеспечивают среднюю прибавку урожая в добрую сотню мешков — 2880 кг по десятилетним испытаниям метода на 43 полях разных районов КНР. Открыв эту золотую жилу, исследователи успешно продолжают ее раскапывать, изобретая новые формулы микроудобрений. Самое свежее изобретение — комплексы семнадцати аминокислот с легкими РЗМ.

Столь интенсивные исследования позволили решить многие вопросы, оставшиеся без ответа на первом, советском этапе. Так, было установлено, что после применения удобрений выше всего концентрация РЗМ в корнях (впрочем, всегда раз в десять меньше, чем в почве), а меньше всего — в плодах. Причем существенно меньше, что не может не радовать потребителя. Правда, некоторые исследователи отмечают, что отмыть корни от почвы очень трудно, поэтому следы почвы могут давать ошибку измерений. После опрыскивания картина может и меняться: в листьях РЗМ оказывается несколько больше, чем в корнях. Их содержание все равно не превышает 3% от того, что было в растворе, но и это сказывается на синтезе хлорофилла: листья после опрыскивания приобретают густой зеленый цвет. А кроме того, они дольше не желтеют и вообще РЗМ замедляют старение растения. Например, та же картошка цветет на пять дней дольше, что ускоряет рост клубней и повышает содержание в них крахмала. Это, конечно, наблюдают при оптимальной дозе. Повышенные дозы, для каждого сорта свои, угнетают рост.

Доказано также, что под влиянием РЗМ увеличивается протяженность корней при сохранении их массы. Следовательно, возрастает площадь, с которой растение берет питательные вещества, а у бобовых, например сои, становится больше клубеньков с азотфиксирующими бактериями.

## РЗМ и физиология растений

Есть идеи и относительно действия РЗМ на уровне клетки. Диаметр их ионов примерно такой же, как у иона кальция: 9,6—11,5 нм и 9,9 нм соответственно. Особенно близок кальцию лантан, его еще называют «сверхкальцием». Поэтому, несмотря на более высокую степень окисления, РЗМ блокируют кальциевые каналы в мембране клеток и замещают его в межклеточном матриксе или в содержащих этот металл ферментах. Доказано, что, например, лантан тормозит деятельность многих ферментов, зависящих от кальция, если же обработать корни кукурузы раствором, содержащим всего 5 мкМ/л лантана, концентрация кальция в них падает на 41%! А что происходит, если поток кальция в растение уменьшается? Есть опыты на огурцах: те начинают гораздо быстрее расти, увеличивается активность корней, замедляется старение. Впрочем, если переборщить, то лишённые кальция клетки умирают из-за того, что их мембраны перестают работать.

На клеточные мембраны РЗМ оказывают очень сильное влияние. Так, микродобавки лантана, образующего комплексы

с макромолекулами, существенно увеличивают в них концентрацию ненасыщенных жирных кислот, а это стабилизирует мембрану и снижает ее проницаемость. Сходным образом действует и церий. В результате мембрана лучше выдерживает снижение температуры, то есть растение менее подвержено заморозкам. Неодим, церий и лантан, главные компоненты соответствующих удобрений, опять-таки в микромолярных дозах резко повышают сопротивляемость мембран свободным радикалам и за счет активации систем защиты. Это тоже устойчивость к различным стрессам — и к заморозкам, и к засухе. Действительно, опыты уже не на клетках, а на целых растениях продемонстрировали такой эффект: снижение содержания влаги в поле в два раза по сравнению с нормой увеличивало сухой вес клубней обработанной РЗМ сахарной свеклы на 18% по сравнению с контролем. Другие опыты показали, что при избытке влаги никаких различий нет, а при засухе обработанные РЗМ растения используют влагу на 20% более эффективно, на треть возрастает у них и число побегов.

Важнейшее влияние оказывают они на фотосинтез. Так, при опрыскивании листьев сахарной свеклы растворами удобрения «Чангле» в концентрации 0,1—0,01% интенсивность потребления углекислого газа выросла на 36—80%. Число хлоропластов в листьях рапса, опрыснутых хлоридом церия с нитратом неодима, увеличивалось на 9—40%. Ускоряется и перемещение продуктов фотосинтеза от листьев к корням: по одним данным, на 5—8%, по другим — на 17—149%. Видимо, большой разброс связан с некими незадокументированными различиями в постановке опытов и лишней раз свидетельствует о сильной зависимости эффекта применения РЗМ от местных условий. Об этом же говорят и противоречивые данные об изменении урожайности. Лидером здесь оказывается кукуруза, у которой рост составляет от 9 до 103%! Следующим идет рапс (4—48%), затем сахарная свекла (17—24%), капуста (10—20%), китайский крыжовник личи (14—17%).

Что за условия так сильно влияют на эффективность применения РЗМ, до сих пор неясно. В числе главных подозреваемых — свойства применяемых почвы и воды. Высказывалось предположение, что если в почве содержится менее 10 мг/кг РЗМ в легкоусвояемой форме, то польза от микроудобрений будет, а если больше 20, то нечего и стараться. Кислотность почвы и воды весьма сильно сказывается на усвояемости этих веществ: чем кислее, тем она выше. Однако системными анализами химсостава почв на предмет выявления РЗМ за прошедшие со времен Дробкова десятилетия никто так и не озаботился. Кроме того, несмотря на массовость применения таких удобрений, полной ясности с дозами и способами внесения все еще нет, как нет ее и относительно влияния редкоземельных металлов на организмы млекопитающих.

Впрочем, китайским фермерам подобные неясности не мешают применять удобрения с РЗМ: в 2001 году площадь обрабатываемых ими земель выросла до 4 млн. га, причем из добытых тогда в КНР 75 тысяч тонн оксидов РЗМ на нужды сельского хозяйства пошло 1100 тонн. А всего китайская промышленность может выпустить удобрений с РЗМ для обработки 6,68 млн. га.

### Что еще можно почитать о роли редкоземельных металлов в жизни растений

А.А.Дробков. Влияние редкоземельных элементов на рост растений. «Доклады АН СССР», 1935, 17(5), 261—263.

А.А.Дробков. Влияние радиоактивных элементов (Ra) и редких земель на урожайность кок-сагыза. «Доклады АН СССР», 1941, 32(9), 666—667.

Б.И.Коган, И.П.Скрипка. Редкоземельные элементы как микроудобрения. «Редкие элементы», 1973, 9, 8—36.

Zhengyi Hu, Herfried Richter, Gerd Sparovek, Ewald Schnug. Physiological and Biochemical Effects of Rare Earth Elements on Plants and Their Agricultural Significance: A Review. «Journal of Plant Nutrition», 2004, 27(1), 183—220.





**Джаред Даймонд**  
Третий шимпанзе  
АСТ, 2013

От обезьяны к человеку или, наоборот, от человека к обезьяне? Неандертальцы и кромаignonцы: сосуществование или война? Развитие речи — первый шаг к уничтожению себе подобных? Кто-то поддерживает теорию Дарвина, кто-то нет, но можно ли в ней найти что-то новое? «Третий шимпанзе» Джареда Даймонда — неожиданный взгляд на общепринятую парадигму. История наших далеких предков предстает в его книге такой, какой мы не могли бы ее вообразить никогда и ни при каких обстоятельствах



**С.Д.Хайтун**  
Феномен человека на фоне универсальной эволюции  
КомКнига, 2012

Автор рассматривает эволюцию, от Большого взрыва до био- и ноосферы на Земле, по-новому освещая феномен человека. Он считает, что «смысл жизни» индивида и социума — в следовании вектору эволюции. Полемицируя с монографией «Феномен человека» Тейяра де Шардена, автор приходит к заключению, что человек — не главная цель и итог эволюции, а лишь ее промежуточный финиш на одной из ветвей, приводящей к появлению разумных существ.



**Теодор Грей**  
Элементы. Путеводитель по Периодической таблице  
Астрель, 2013

Знаете ли вы, что бананы радиоактивны, а наши тела на три пятых состоят из кислорода — бесцветного газа? Как «поет» сурьма и что такое «молибденовая корова»? Сколько весит эталон килограмма и каково купаться в ртути? Об этом и многом другом рассказывает американский популяризатор науки, коллекционер образцов химических элементов и автор знаменитого «периодического стола» Теодор Грей. Он раскладывает по полочкам элементы, попутно рассуждая об их истории и характере. Книга будет интересна и школьникам, и взрослым, желающим знать, из чего состоит Вселенная и мы сами.



**Майкл Брукс**  
Тринадцать вещей, в которых нет ни малейшего смысла: самые интригующие научные загадки нашего времени  
ЛомоносовЪ, 2013

Нам доступны лишь четыре процента Вселенной — а где остальные 96? Постоянны ли великие постоянные, а если постоянны, то почему они не постоянны? Что за чертовщина творится с жизнью на Марсе? Свобода воли — вещь, конечно, хорошая, но эта самая воля — она чья? И так далее... Майкл Брукс не издевается над здравым смыслом, он лишь доводит этот «здравый смысл» до той грани, где самое интересное как раз и начинается. Великолепная книга, в которой поиск научной истины сближается с авантюризмом, а история научных авантур оборачивается прогрессом науки. Не зря один из критиков назвал Майкла Брукса «Индианой Джонсом в лабораторном халате». Майкл Брукс — британский ученый, писатель и научный журналист, блистательный популяризатор науки, консультант журнала «Нью сайентист».



**Джессика Снайдер Сакс**  
Микробы хорошие и плохие.  
Наше здоровье и выживание в мире бактерий  
АСТ, 2013

Улучшение санитарных условий и появление антибиотиков резко увеличили продолжительность жизни людей. Но при этом нарушилось тонкое, вековое равновесие, сложившееся между микроорганизмами, живущими внутри нас, и окружающей средой. Устойчивость микроорганизмов к антибиотикам стала одной из самых серьезных медицинских проблем нашего времени. Книга «Микробы хорошие и плохие» посвящена не только этой проблеме, но и так называемой гигиенической гипотезе, согласно которой нынешний всплеск иммунных и других заболеваний вызван нашей чрезмерной заботой о чистоте. Ведь человеческий организм живет в симбиозе с населяющими его микробами, которых в девять раз больше, чем наших собственных клеток. Автор книги выражает надежду, что люди научатся создавать и использовать антибиотики более разумно, и более того, когда-нибудь заменят противобактериальные средства бактериальными, каждое из которых будет специально разработано для конкретного случая.



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)

**Мохнатый дом**

*Испанцы придумали покрывать стены мхом*

Кто-то борется с растительностью на стенах и крышах, справедливо утверждая, что и мох, и корни растений их разрушают. Кто-то, наоборот, украшает растениями крыши и даже стены, чтобы придать своему дому более «природный» вид, а заодно и снизить вред окружающей среде. Как правило, во втором случае, если речь идет не о выходящих растениях, необходимы системы подвесов, поддонов и водоводов, которые обеспечивают жизнь зеленого фасада. Исследователи из барселонского Политехнического университета Каталонии во главе с Антонио Гомесом Болео предлагают обойтись без этих сложностей, а создать такие условия, чтобы разноцветная жизнь, привычная к обитанию на камнях, сама заселила серые бетонные стены. В результате мы получим и живой орнамент, и теплоизоляцию, да и площадь зеленых насаждений возрастет. Правда, это будут не развесистые кусты и даже не газонные травы, а существа маленькие, едва приподнимающиеся над поверхностью — мхи, лишайники и водоросли.

Чтобы создать им условия для колонизации, барселонцы разработали многослойную конструкцию стены. Ее основа — обычный бетон из портландцемента, пористость которого невелика, а реакция щелочная, что не нравится многим мхам и лишайникам. На это основание наносят рельеф, облегчающий заселение, а затем покрывают водонепроницаемым слоем (он же воспрепятствует прорастанию поселенцев в стену). Далее идет слой бетона на основе фосфата магния, с благоприятной кислой реакцией; в нем много пор, которые прекрасно удерживают влагу. Самый верхний слой способствует впитыванию дождевой воды и препятствует ее испарению. Остается нанести на конструкцию живую краску, и через год дом покроется мохнатым ковром зеленого, голубого, рыжего или серого цвета.

Кстати, в Интернете можно найти такой рецепт заселения камней: взять растительность с родственного материала (у шифера щелочная реакция, у кирпича — кислая), поместить ее в блендер, залить сывороткой, молоком, кефиром или пивом с добавкой сахара, все размолоть до консистенции молочного коктейля, нанести на объект и обеспечить влажность. Через месяц живой ковер начнет расти. Если использовать разноцветные лишайники, на нем будет еще и узор.

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
20 декабря 2012 года

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

**Кондиционер против печки**

*Нагреть дом гораздо накладнее, чем его охладить.*

«Environmental Research Letters»,  
2013, 8, 014050;  
doi:10.1088/1748-9326/8/1/014050

«В США считается, что охлаждение домов кондиционером в южных городах требует много энергии, и южан упрекают в расточительности, отопление же в северных городах как бы само собой разумеется. Это неправильная точка зрения», — говорит доктор Майкл Сивак из Мичиганского университета. Он сравнил затраты на создание комфортных условий в домах, расположенных в самом холодном мегаполисе США — Миннеаполисе, и в самом теплом — Майами. За основу взял число дней, когда температура снаружи отличается от 18°C: если она выше, надо включать кондиционер, если ниже — обогреватель, а работают они тем дольше, чем больше отличие температуры.

Оказалось, что в Миннеаполисе за год набегает 4376 градусо-дней, когда требуется отопление, а в Майами 2423 градусо-дня охлаждения. С учетом того, что кондиционер для снижения температуры на один градус тратит в четыре раза меньше энергии, чем обогреватель для такого же нагрева, получается, что это не южане растратили энергии, а северяне.

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

**Апельсиновая мука**

*Отходы производства сока могут пригодиться пекарям*

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
7 марта 2013 года

Хлеб — настолько многокомпонентный продукт, что каждый производственник, у которого есть съедобные отходы, пытается предложить их пекарям. В дело идут и отруби — источник ценных пищевых волокон, и мука из зеленых бананов (см. «Химию и жизнь», 2012, № 7). Настала очередь апельсинов. Как ни странно, утилизацией их отходов озаботились не южане — греки, испанцы или итальянцы, а ирландцы. У них один человек из ста страдает непереносимостью глютена — белка зерен злаков, который, в частности, придает клейкость тесту. Убрать глютен можно, однако, чтобы сделать тесто, приходится чем-то его заменять, и такой хлеб получается высококалорийным и дорогим. По мнению доктора Эймера Галлахера из Центра пищевых исследований Теагаск, отжимки апельсинов вполне могут заменить глютен и склеить тесто. При этом они малокалорийны (углеводов не более 2%), очень богаты волокнами (40% от сухого веса) и содержат многие биологически активные вещества, присущие коже фрутов.

Получив от изготовителей сока апельсиновые отжимки, доктор Галлахер их смолот и стал подбирать оптимальный состав и время приготовления безглютенового апельсинового хлеба. И достиг-таки успеха: эксперты были вполне удовлетворены и внешним видом, и структурой, и вкусом оптимального карава. По мнению доктора Галлахера, отжимки апельсина можно добавлять не только в безглютеновое тесто, но и в обычное, превратив отходы в доход.

У нас, видимо, подобное применение, при некоторой фантазии пищевиков, могли бы найти отходы производства сока из яблок, вишни, смородины и прочих ягод.



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

**Равнение на оболочечника**

*Из примитивных морских животных можно добыть спирт и корм для рыб*

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
12 марта 2013 года

В море легко спутать животное с растением, а то и с грибом. Именно на грибы похожи оболочечники асцидии, которые прикрепляются к какому-либо субстрату и при бесполом размножении образуют колонии. Свое название они получили потому, что богатое белками тельце у них прикрыто чехлом из полисахарида, напоминающего целлюлозу. Оболочечники — типичные фильтрующие организмы, они питаются попавшими в окружающую их воду минеральными веществами и планктоном.

Именно этих животных норвежские исследователи из Бергенского университета во главе с профессором Эриком Томпсоном считают важным элементом биотехнологии будущего. «Из чехла оболочечника получается прекрасный спирт, ведь это чистая целлюлоза, которую

не надо отделять от лигнина, как при переработке дерева. А белок с жирными кислотами — корм для рыб. Оболочечники растут очень быстро — урожай можно снимать уже через полгода, живут во всех частях Мирового океана, и никто ими не питается из-за прочной оболочки. Поэтому, используя этих животных, мы не нарушим никакие пищевые цепи».

Переход на добычу из моря источника топлива для машин и корма для рыб — актуальная задача, ведь выращивание энергетических растений на суше отнимает площадь у пищевых культур, а рыбы конкурируют за комбикорм с млекопитающими



**Цианеонид**

*Медузоподобный робот размером с человека прошел испытания в мелкой воде*

Агентство «NewsWise», 28 марта 2013 года

**М**едузы — очень экономные существа, которые обходятся без центрального мозга и энергии почти не потребляют. Однако они заселяют все моря и океаны и встречаются в них от поверхности до семикилометровой глубины. Этот эволюционный успех привлек внимание исследователей из Виргинского технического колледжа во главе с профессором Шашанком Прия, и они создали в 2012 году робота-медузу размером с ладонь. Прототип оказался удачным, и теперь, воспользовавшись грантом в 5 млн. долларов, выделенным Подводным центром ВМФ США, авторы построили большого робота Суга (от латинского названия рода копируемой медузы — *suapea* и *robot*). Он представляет собой каркас, элементы которого двигаются под действием электродвигателей постоянного тока, обтянутый тонкой силиконовой пленкой. Она колышется и обеспечивает медузоподобное движение. Робот выполняет те же движения, что и медуза, а значит, расходует на перемещение мало энергии и, кроме того, постоянно передает информацию от встроенных датчиков: на никелевом металл-гидридном аккумуляторе Суга пребывает в автономном плавании месяцами. Сейчас исследователи хотят усилить сходство с медузой, заменив центральный контроллер распределенной нервной системой.



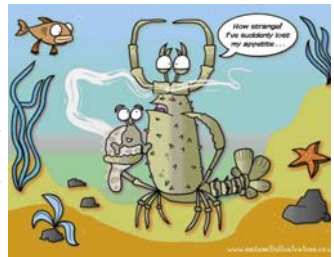
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**Выживание морского зайца**

*Слизень надолго блокирует органы чувств агрессора*

«Journal of Experimental Biology», 2013, 216 (8), 1364—1372; doi: 10.1242/jeb.081828

**М**орские зайцы или аплизии — крупные слизни, обитающие в теплых морях на придонных участках. Среди любителей науки они стали знамениты после 2000 года, когда Нобелевскую премию получил Эрик Кандель, — именно на аплизии он установил, что связи между нервными клетками изменяются при обучении. Морскими зайцами их назвали из-за двух пар чувствительных щупалец, которые напоминают заячьи уши. На этом сходство не заканчивается. Аплизии тоже едят растительную пищу и часто становятся добычей хищников, например омаров. Скоростью зайца они не обладают, зато имеют приспособления, которые защищают от хищников: слизень, подобно кальмарам и каракатицам, выпускает ярко-фиолетовое облако чернил и ослепляет врага. Но у зайца есть и секретное оружие. Его обнаружили биологи под руководством Чарльза Дерби из университета Джорджии.



Journal of Experimental Biology

Исследователи смоделировали естественные условия в лабораторном аквариуме, куда запустили слизня и омара. Результат получился неожиданным. Мало того что морской заяц смог уплыть от омара, так еще и хищник некоторое время оставался равнодушным к пище: даже после того, как в аквариум подлили воду с запахом креветок, омар несколько не оживился. Чарльз Дерби объясняет это наличием в чернилах клейкого вещества опалина: оно облепляет органы чувств омара, физически блокируя доступ всевозможных запахов к его обонятельным рецепторам. В результате омар теряет и обоняние, и ориентацию в пространстве. Кроме того, ему приходится очищать себя от слизи, а тем временем аплизия успевает уплыть. По мнению авторов работы, это первый случай, когда жертва блокирует органы чувств у хищника.

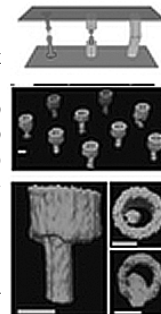
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**Биосвязи электроники**

*Слои микросхем сшили белками*

«Nature Materials», 2013; doi: 10.1038/nmat3569

**М**икросхемы выращивают плоскими, нанося узор на пластинку кремния. Однако миниатюризация требует все большего количества элементов на единице площади, и схемотехникам приходится осваивать третье измерение. Проще всего сделать микросхему в виде стопки плоских слоев, соединенных между собой проводниками, однако оптимальное решение пока не найдено, и его поиск порой приводит к необычным идеям. Так, французские инженеры из Комиссариата по атомной энергии, Национального центра научных исследований и нескольких университетов во главе с Лораном Бланшоном и Мануэлем Тьерри предположили воспользоваться способностью белковых молекул к самоорганизации. А в качестве подопытного материала они выбрали актин — белок, входящий в состав цитоскелета, который давно пытаются приспособить для трехмерной электроники.



Чтобы вырастить белковые провода нужной геометрии, на двух стеклянных пластинках лазером выгравировали узоры. Затем пластинки разнесли на 30 микрон и поместили в раствор мономера актина. Его молекулы сначала заняли предусмотренные узором места на стекле, а затем стали собираться на возникших зародышах, образуя колонны, которые соединили оба стекла. Меняя узор, исследователи выращивали не только колонны, но и полые цилиндры, в которые входили эти колонны, — так получился аналог электрического разьема. Белковые колонны, покрытые наночастицами золота, превратились в проводники электричества.

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

**Нервные клетки на заказ**

*Инъекция препарата ДНК позволяет вырастить новые нейроны прямо в мозгу.*

«Proceedings of the National Academy of Science», 2013; doi: 10.1073/pnas.1303829110

**П**ерепрограммирование клеток — технология, которая обещает принципиально изменить жизнь человека. Неудивительно, что она привлекает множество ученых, которые получают все более фантастические результаты. Еще недавно казалось чудом превращение взятой из кожи клетки в стволовую, а затем в половую. Затем оказалось, что при перепрограммировании можно обойтись и без промежуточного «стволового» этапа: клетка кожи после обработки химическим коктейлем становилась сразу, скажем, нейроном. Теперь же шведские биологи из Лундского университета во главе с Малин Пармар предлагают обходиться и без выделения каких-то специальных клеток.

В своих опытах они выделили вещества, которые могут включать и выключать некие присутствующие в клетке гены. Сначала клетки кожи и клетки глии (ткани мозга, создающего матрицу для расположения нейронов) обработали препаратом с генетическим материалом, способствующим перепрограммированию. Эти клетки поместили прямо в мозг подопытной крысы. Потом ей ввели водный раствор, содержащий вещества-переключатели. И обработанные клетки стали нейронами! Убедившись в том, что технология работает, генетический материал стали вводить прямо в мозг животному, и после применения переключателей у него тоже возникали новые нервные клетки.

«Создавая нейроны в живом мозгу, мы избегаем осложнений, связанных с трансплантацией, и это облегчит лечение болезней, вызванных гибелью клеток, например болезни Паркинсона», — говорит Малин Пармар.



## О женском чутье

Доктор исторических наук, профессор

**М. Л. Бутовская,**  
кандидат биологических наук

**Е. В. Веселовская**

Вероятно, некоторых читателей шокирует такая постановка вопроса. Искать любимого, более того, возможного отца твоих детей, по запаху — что за пошлость? Но вот, например, жена знаменитого актера вспоминает, как впервые оказалась в объятиях будущего мужа — это был чисто рабочий момент, на репетиции, по ходу пьесы: «И я почувствовала его запах. Сложная для описания, неуловимая палитра чего-то очень настоящего... Запах мужчины... Прошло более тридцати лет. Я многого не помню, но этот запах помню до сих пор...» Потом, как полагается, была свадьба, двое детей, и счастье, и расставание, и настоящая горе. Однако тридцать лет спустя Галина Авилова твердо отвечает любопытным, что о своем выборе никогда не жалела. И о запахе сочла нужным рассказать, хотя могла бы ограничиться высокими материями, Мольером и Гамлетом.

Одна из самых интересных тем этологии человека — роль, которую играет обоняние в нашем восприятии мира и поведении. А уж если речь идет о любви, исследователям обеспечено внимание самой широкой аудитории. Статья под интригующим названием «Механизмы репродуктивного поведения человека: ольфакторные маркеры мужской привлекательности» («ольфакторный» и значит «обонятельный»), опубликованная в «Журнале общей биологии», интересна еще и тем, что российских исследований в данной области не так много. Мы попросили подробнее рассказать об этой работе двух соавторов статьи, хорошо знакомых нашим читателям: доктора исторических наук, профессора Марину Львовну Бутовскую, заведующую сектором кросс-культурной психологии и этологии человека Института этнологии и антропологии РАН, и кандидата биологических наук, доцента Елизавету Валентиновну Веселовскую, старшего научного сотрудника Лаборатории антропологической реконструкции Института этнологии и антропологии РАН.



## «Семьянин» или «любовник»?

*Почему бы вам не выйти замуж за отличного молодого мужчину со скверной репутацией и умением обращаться с женщинами?*

*Маргарет Митчелл. Унесенные ветром*

Чтобы разобраться, как женщина находит по запаху «своего» мужчину, начнем с того, какие важные качества необходимо распознать.

Эволюционные антропологи предлагают две модели, которыми руководствуются женщины при выборе партнера. Первая — «хороший отец», который будет наравне с женщиной заботиться о детях, снабжать их всем необходимым. (Строго говоря, отцовский вклад, выраженный в материальном эквиваленте, может даже превышать материнский, и за мужчину, способного на такое, подчас идет жестокая борьба между претендентками...) На протяжении всей истории нашего вида привязанность мужчины к подруге и детям была главнейшим условием выживания потомства — человеческие детеныши не только рождаются беспомощными, но еще и взрослеют медленно. Испокон веков женщины искали в мужчинах доброту, порядочность, заботливость, обеспеченность не ниже минимума, и, если последний фактор варьировал в зависимости от места и времени, первые три оставались инвариантами. Любовь и семью не придумывали ни поэты, ни моралисты, то и другое было у людей всегда. И возможно, не только у *Homo sapiens*, но и у древних наших родственников.

Ориентация на выбор надежного и любящего постоянного партнера прослеживается уже у ардипитеков (этот древний род гоминин жил примерно 5,8—4,4 млн. лет назад). Конечно, мы не были свидетелями их любовных драм, но имеется весомое косвенное доказательство. В ходе эволюции наши прапрадедушки перестают быть огромными и клыкастыми, они уже не отличаются от прапрабабушек так сильно, как отличаются от самок самцы орангутана или, скажем, морского льва. А это значит, что эволюция делала ставку не только на силу. Неплохо быть могучим и агрессивным, когда вокруг соперники, но пугать габаритами и свирепостью потенциальную подругу — верный проигрыш в эволюционной гонке. Так что самцам приходится искать компромисс: выглядеть то свирепыми и сильными, то безвредными, добрыми и привязчивыми.

Есть, однако, и другая женская стратегия — поиск «мачо». Случайная связь с самым красивым и грозным воином, и ничего, если он потом сразу убежит, зато дети получают самые лучшие гены. Такая женщина ищет в партнере маскулинные, то есть выраженные мужские черты, силу и здоровье, доминантные замашки, экстравертность, а доброты и преданности необязательны. Стратегия, что и говорить, рискованная. Если «мачо» в самом деле не станет помогать, одной поднимать ребенка будет трудно — но все же проще, чем нашим далеким предкам в африканской саванне. С большой вероятностью сын красавца благополучно вырастет и будет пользоваться успехом, как и его родитель. А эволюции только того и надо:

если стратегия способствует передаче генов будущим поколениям, она не исчезнет. Для женщин всегда будут привлекательными как хорошие парни, так и не очень хорошие, но крутые.

Однако не всегда можно заранее убедиться, что мужчина доблестен и храбр, а продолжительное тестирование на верность и надежность тем более нереально, что в доисторические времена, что сегодня. Нужны какие-то экспресс-методы оценки желательных качеств.

## Гормоны дальнего действия

*О люди-человеки,  
Несчастный, жалкий род!  
У вас носы — калеки,  
Они глухи навеки,  
Вам даже вонь аптеки  
Носов не прошибет...*

*Гилберт Кит Честертон. Перелетный кабак*

Известно, что самки приматов проявляют интерес к таким признакам мужественности, как крупный размер, пышность гривы у гамадрила, яркость определенных участков лица и тела у мандрилов. Все это в прямом смысле очевидные признаки силы, здоровья и мужества. Кроме того, приматы и полуобезьяны пользуются ольфакторными подсказками. Например, самки кошачьих лемуров в сезон размножения по запаху отличают более гетерозиготных самцов (то есть более разнообразных генетически, в отличие от потомков близкородственных браков). Обезьяны Нового Света по запаху распознают самцов, имеющих более высокий ранг.

А что же у человека? Увы, по части ольфакторной коммуникации, то есть обмена информацией с помощью запахов, до большинства других млекопитающих нам далеко. Мы, люди, существа со слабым чутьем, и обонятельные луковицы у нас редуцированы. И все же герой Честертона не совсем прав. Мы существа со слабым обонянием и мощным мозгом, и наша литература полна рассуждений о том, как трудно описать запах — с одной стороны, и какие сильные чувства у нас вызывают запахи — с другой. Как ни плохо мы нюхаем по сравнению с собакой, запахи для нас важны, наш мозг умеет их анализировать, на основании одного вдоха стремительно прогнозируя будущее или «разархивируя» воспоминания. Вот только о промежуточных этапах этого анализа мы не осведомлены, наш бортовой компьютер выдает готовый результат. Чтобы разобраться в этом процессе, приходится ставить специальные эксперименты, сопоставлять данные биохимии, физиологии, генетики, психологии, антропологии и многих других областей науки.

По обилию желез в подмышечных впадинах мы не уступаем человекообразным обезьянам. Наши запахи многокомпонентны и, очевидно, весьма информативны. Запах человека зависит от двух классов факторов: средовые (питание, прием лекарств, использование косметики, дезодорантов) и инди-

видуальные (возраст, пол, физическое и психическое состояние, репродуктивный статус, генетические факторы). Все перечисленное полезно иметь в виду при контакте с сородичем. Правда, косметика и дезодоранты относятся скорее к методам искажения информации — что-то вроде маскирующей окраски или вздыбленной шерсти, скрывающей истинный размер туловища.

Экспериментально показано, что запахи других людей влияют на наше поведение (см. «Химию и жизнь», 1997, № 2). Известно, например, что у человека есть особые вещества — феромоны. Их называют эктогормонами (греч. *ektos* — вне, снаружи), то есть гормонами, которые действуют за пределами нашего тела, не на нас, а на собратьев по виду. И, подобно «обычным» гормонам, вызывают у них ответные реакции, как физиологические, так и поведенческие. Феромоны секретируются потовыми и другими кожными железами, участвует в их производстве и микрофлора, обитающая на коже.

За прием феромонных сигналов отвечает вомероназальный орган (см. «Химию и жизнь», 1998, № 7). Открыт он у человека совсем недавно, в конце прошлого века (у других млекопитающих он был известен и раньше). Многие люди и не знают, что у них на носовой перегородке, в правой и левой ноздре имеются две ямки диаметром около миллиметра. От каждой ямки идет проход в небольшую камеру конической формы — именно там находятся рецепторы феромонов. Особый нерв связывает вомероназальный орган непосредственно с гипоталамусом. Вот от этой маленькой анатомической детали зависит многое в отношениях между людьми.

Маркерами мужской привлекательности этологи считают два феромона — андростенон и андростенон, по структуре близкие к основному мужскому половому гормону тестостерону. Именно их запах описывается как «мужской»: пот из подмышек у мужчин содержит в пять раз больше андростенона, чем у женщин. Через некоторое время под воздействием кожных микроорганизмов запах становится крайне неприятным — это его описывают как «запах застарелого пота». Да и запах свежего пота на сознательном уровне часто воспринимается как неприятный: андростенон пахнет мускусом, андростенон — мочой. А многие люди (по некоторым данным, до 50%) вообще не распознают запах андростенона.

Воздействие вдыхаемого андростенона на физиологию и поведение надежно показано в экспериментах. Он не только привлекает женщин, но и, к примеру, меняет продолжительность полового цикла. В середине цикла, во время овуляции (то есть когда высока вероятность забеременеть), женщинам кажется более привлекательным запах мужского пота. В то же самое время женщин сильнее привлекают и маскулинные, типично мужские внешние черты лица и фигуры. Известно также, что как мужчины, так и женщины могут по запаху различать потенциальных партнеров, генетически сходных с ними и генетически удаленных, естественно отдавая предпочтение вторым.

## Как правильно нюхать мужчину

*Я — портняжка Бежан, я — для женщин букет,  
Я — утеха для них, это знает весь свет!  
Григол Орбелиани*

Мы решили экспериментально проверить гипотезу о том, что женщины могут по запаху различать «мачо» и «семьянина» (эти роли можно назвать иначе, например «ведущий» и «ведомый», «склонный к риску» и «осторожный»). Как мы уже обсудили, умение выбрать самого лучшего мужчину было жизненно важным, а значит, эволюция должна была оттачивать это умение, всячески совершенствовать механизмы.

Интересно было также выяснить, способны ли женщины «учуять» повышенный нейротизм. Психологи определяют

нейротизм (невротизм) как черту личности, характеризующуюся эмоциональной неустойчивостью, тревогой, низкой самооценкой, иногда вплоть до вегетативных расстройств. Как правило, женщине в мужчинах эта черта не нравится: ни с надежностью, ни с крутизной она не связана. Уровень нейротизма оценивают с помощью специальных опросников, но существует и прямой биохимический индикатор — чем выше уровень гормона кортизола, тем выше и нейротизм.

Что, если пригласить для эксперимента две группы мужчин, достоверно различающихся по склонности к риску и частоте острых ситуаций в жизни, и предложить женщинам сравнить их запахи? Сумеют ли участницы эксперимента различить рискованных и мирных, спокойных и нервных мужчин «не глядя», только по запаху, и какие им больше понравятся?

В эксперименте приняли участие 29 мужчин. Из них 14 представляли «любителей риска» — это были студенты московского пожарного училища, а также спортсмены-экстремалы: парашютисты, сноубордисты, участники автогонок по пересеченной местности. Остальные 15 — студенты московских гуманитарных вузов без экстремальных хобби.

Экспериментальный протокол был несложным, но требовал от мужчин дисциплины и силы воли. На целых три дня им пришлось отказаться от сигарет, алкоголя, пищи с резким запахом, например с чесноком и другими приправами. За сутки до старта добавился отказ от одеколонов, ароматных дезодорантов, шампуней и гелей для душа (разрешали только жидкое мыло и антиперспирант без запаха).

Затем все участники облачились в одинаковые чистые белые майки. В подмышках у них закрепили пластырем косметические диски из хлопковой ваты. Процедуру «сбора запаха» ранее разработали чешские ученые под руководством доктора Яна Гавличека (факультет антропологии Карлова университета в Праге); логично проводить подобные эксперименты в одинаковых условиях, иначе как сравнивать результаты? Спали мужчины в этот день в отдельной постели, в половые контакты не вступали. В ходе эксперимента пострадали, хотя и не сильно, домашние животные добровольцев — им запретили на эти сутки забираться в постель к хозяину. Через двадцать четыре часа такой строго регламентированной жизни ватные диски снимали, помещали в герметичные пакеты и замораживали: чешские коллеги ранее показали, что человеческий запах в таких условиях сохраняется без изменений. Женщинам их предъявляли через одну-две недели.

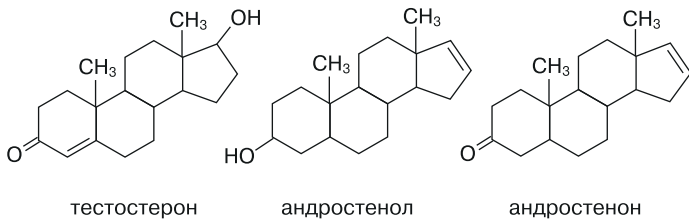
Кроме того, у мужчин в течение трех дней после эксперимента собирали образцы утренней слюны, в которых определяли уровни тестостерона и кортизола. Тестостерон был маркером маскулинности (кстати, андростенон — его производное), а кортизол — маркером стресса.

## Психологическое тестирование и антропометрия

*— Ты у меня от первого места до двадцать пятого, — призналась она дрожащим голосом, — а Фрогги Паркер на двадцать шестом.*

*Фрэнсис Скотт Фитцджеральд.  
По эту сторону рая*

Разумеется, мужчины заполняли анкеты: надо же будет сопоставить мнение женщин-экспертов с фактами и с собственным мнением мужчин о себе. Учитывались возраст и образование, этническая принадлежность, возраст начала половой жизни, количество партнеров. Добровольцы получили также личностные опросники NEO в сокращенной версии. Аббревиатура NEO происходит от «neuroticism, extraversion, openness to experience», однако на самом деле результаты позволяют количественно оценить не три, а пять характеристик личности.



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

Высокий нейротизм — то самое качество, которое коррелирует с высоким уровнем кортизола: тревожность, низкая самооценка, склонность к негативным эмоциям. В самом общем смысле — неумение приспосабливаться к жизни, «держат удары». Низкий балл по шкале нейротизма, напротив, означает эмоциональную стабильность.

Экстраверсию многие считают «научным» синонимом общительности: стремление быть в компании, умение ладить с людьми, разговорчивость, как следствие — популярность в социуме. В общем, это верно, но важно понимать, что другой край шкалы, интроверты — не противоположность экстравертам, а, так сказать, предельно слабо выраженные экстраверты. Они не то чтобы ненавидят общаться, они не слишком нуждаются в общении и могут подолгу оставаться наедине с собой.

Открытость опыту (openness to experience) — развитие воображение, эстетическая восприимчивость, внимание к чувствам других, интенсивные эмоциональные переживания, сочетание гибкости ума с независимостью в суждениях. Люди с высоким баллом по этой шкале часто стремятся поддерживать новые, оригинальные идеи. Те, кто получил низкий балл, склонны к консерватизму. Иногда этот фактор обозначают как интеллект и соотносят баллы, полученные за открытость опыту, с уровнем образования и такими показателями, как IQ. Можно спорить, насколько это правомерно, однако на интуитивном уровне многие приходят к аналогичным выводам. Всем известно, что оригинальное высказывание — один из самых простых способов показаться умнее. Но этот способ потому и работает, что умные люди быстрее понимают, какая польза в новшествах.

Шкала «сотрудничество» оценивает, по сути, насколько человек альтруистичен. Высокий балл означает, что субъект готов помогать другим, трудится во имя общей (или даже чужой) цели и уверен, что ему отплатят тем же. Люди с низким баллом не склонны ни помогать, ни полагаться на других, предпочитая конкуренцию сотрудничеству. Нельзя сказать, что низкий балл — всегда плохо, а высокий — хорошо. Каждая женщина знает, что мужчина, который за общими и чужими делами забывает о своем здоровье и квартирном ремонте, — это беда. Но разумеется, минимальный балл по сотрудничеству для создания семьи совсем не годится.

Наконец, пятый параметр — добросовестность: умение планировать свои действия и затем честно следовать плану. На верхнем конце шкалы — педанты и трудоголики, на нижнем — лентяи и разгильдяи; обе крайности способны превратить семейную жизнь в кошмар, но предпочтителен все же достаточно высокий балл.

Помимо психологического тестирования, мужчины прошли антропометрическое обследование. Странно, но факт: чтобы определить, насколько выражены мужские черты у человека, измерять надо длину указательного и безымянного пальцев и рассчитывать их отношение, так называемый индекс 2D:4D (см. «Химию и жизнь», 2010, № 7). Никакой хиромантии в этом нет, объяснение вполне материалистическое: высокая концентрация тестостерона при эмбриональном развитии не только способствует проявлению мужских черт в физиологии и поведении, но и снижает отношение 2D:4D, то есть делает безымянный палец более длинным по сравнению с указательным.

Другие изменения, более понятные, переводят в сантиметры известные представления о мужественной внешности: крупные черты лица, косая сажень в плечах... У добровольцев измеряли высоту лица, высоту нижней челюсти, скуловой и нижнечелюстной диаметры, ширину подбородка (шутки о голливудских героях с квадратной челюстью возникли не на пустом месте, это действительно важный маскулинный признак), а также межзрачковое расстояние. Не обошли вниманием и фигуру: мерили объемы плеч, талии и бедер и рассчитывали их соотношения.

Также участников эксперимента просили оценить самих себя. Каждый должен был отметить, в какой степени (по семибалльной шкале) у него выражены следующие качества: жизнерадостность, целеустремленность, трусость, напористость, добродушие, лень, миролюбие, задиристость, самоуверенность, доминантность, хорошее здоровье, решительность, благоразумие, агрессивность, привлекательность, общительность, сексуальность, чувство юмора. Некоторые качества близки по смыслу — это специально, чтобы проверить, не приукрашивает ли себя отвечающий. Подозрительно, например, если кто-то окажется решительным на пять баллов, а напористым всего на два. Признаки можно объединить в блоки, характеризующие мужчин по критериям «хороший отец — мачо», «лидер — подчиненный», «склонный к риску — осторожный». Особняком стоят негативные качества: трусость, лень и задиристость.

Ко всей этой ценной информации о мужчинах-добровольцах не имели доступа 77 женщин-экспертов в возрасте от 18 до 33 лет, с регулярным месячным циклом и без нарушений обоняния. Им предъявляли только запах (конечно, женщины в этот день тоже не пользовались духами). Каждому запаху ставили оценки от 1 до 7 по следующим критериям: интенсивность, схожесть с запахом полового партнера, схожесть с запахом близких родственников, приятность, сексуальность, нежность, агрессивность, тревожность, физическая привлекательность, склонность к риску, запах, принадлежащий хорошему отцу, активность, напористость, надежность, доминантность. Задача сложная, но экспертов просили не ломать голову и отдаваться на волю ассоциаций.

В итоге был получен впечатляющий массив данных: биографические сведения о мужчинах, результаты объективного психологического тестирования, оценки по психологическим качествам, которые мужчины поставили себе сами, концентрации тестостерона и кортизола в слюне, антропометрические признаки и, наконец, привлекательность запаха каждого из мужчин для женщин-экспертов.

## Девушки не любят нытиков

*...Нервный, застенчивый и добропорядочный, а уж паршивее качеств для мужчины не придумаешь.*

*Маргарет Митчелл. Унесенные ветром*

Вынуждены разочаровать тех, кто думал, что Настоящие Мужчины будут резко отличаться от Книжных Червей. Достоверно значимых различий по кортизолу и тестостерону между группа-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

ми не найдено. По опроснику NEO любители риска бесспорно выиграли у гуманитариев только в одном пункте — оказались более добросовестными. (И неудивительно: если разгильдяйство может стоить жизни, хорошие привычки скорее сформируются.) Меньший балл по нейротизму, меньшая открытость опыту и большая экстравертность у экстремалов по сравнению с гуманитариями отмечены, но высокой достоверностью не характеризуются. По самооценке экстремалы оказались не только более добросовестными и менее ленивыми, но и более жизнерадостными, напористыми, здоровыми, решительными и агрессивными. Лица у них крупнее, пальцевый индекс ниже, однако достоверно различие опять-таки лишь по одному антропометрическому показателю: межзрачковому расстоянию. Те, у кого это расстояние было больше, считали себя более здоровыми и менее трусливыми. (Вот не зря «близко посаженные глаза» считаются отталкивающим признаком...) Что касается анкетных данных, экстремалы в целом раньше вступали в половые контакты и имели больше партнерш (с учетом контроля по возрасту).

Интересно, что больше всего партнерш было у мужчин с высокими уровнями одновременно кортизола и тестостерона. Прежде чем читатели позавидуют этим счастливицам, напомним: высокий кортизол — повышенная тревожность. Высокий уровень кортизола во всех группах коррелировал с меньшей склонностью к сотрудничеству, и, как мы увидим дальше, запах таких мужчин меньше нравился женщинам. Не исключено, что разрывы у этих «донжуанов» происходили не по их воле...

Так что же, наконец, женщины смогли унюхать?

Прежде всего отметим, что женщин разделили на три группы по фазам месячного цикла: менструальная фаза (первые шесть дней), овуляторная фаза (следующие восемь дней — середина цикла, на которую приходится наибольшая вероятность зачатия) и лютеиновая фаза (окончание цикла). Нет ничего удивительного в том, что наилучшие экспертные способности женщины проявили во второй фазе и отчасти в первой.

Многие другие исследователи ранее уже показали, что женщины способны ассоциировать запах пота с чертами личности, а также с такими сложными психологическими и морфологическими характеристиками, как доброта, жизнерадостность, напористость, миролюбие, решительность, симметричность, маскулинность и пр. Наш эксперимент подтвердил эти результаты: экспертам нравились более мужественные типажи, с лучшим здоровьем. Выяснилось также, что женщины умеют отличать по запаху более спокойных мужчин и что эта характеристика четко связана с низким уровнем кортизола в слюне. Запах мужчин с высоким уровнем кортизола, особенно в сочетании с высоким тестостероном, меньше привлекал женщин, кому нужен агрессивный и неуравновешенный партнер? А молодые люди с высокими баллами по шкалам «сотрудничество» и «добросовестность» и пахли приятно.

Предпочтение более маскулинных мужчин по запаху согласуется с данными, которые получили ученые из Шотландии (DeBruine et al., «Proceeding of the Royal Society B», 2010, 277,

<p>Добросовестность Склонность к сотрудничеству Надежность Спокойствие Нежность Низкий кортизол Высокий тестостерон</p>	<p>Y Физическая привлекательность Сексуальность Активность Экстраверсия Хорошее здоровье Сходство с запахом партнера</p>
<p>Трусость Лень Агрессивность Тревожность Высокий нейротизм Склонность к риску Высокий кортизол</p>	<p>X Доминантность Напористость Открытость опыту Высокий тестостерон</p>

*Комплексы признаков, выделенные на основе оценок запаха пота мужчин, поставленных женщинами-экспертами. Ось X — вектор нарастания качеств «мачо», ось Y — вектор нарастания качеств «хороший отец»*

2405—2008). Они провели масштабное исследование, в котором приняли участие 4794 женщины из 30 стран, и установили, что россиянки более явно предпочитают мужественные лица, чем женщины из Германии, Франции, Исландии, Австралии, Австрии, Нидерландов, Новой Зеландии. Сопоставление результатов с данными ВОЗ о смертности, ожидаемой продолжительности жизни, инфекционных болезнях показало: чем хуже ситуация со здоровьем в государстве, тем больше нравятся женщинам мужественные мужчины. А расхожее мнение о склонности русских женщин влюбляться в бедных и несчастных как будто бы не подтверждается...

В общем виде результаты эксперимента представлены на схеме. По оси X усиливаются проявления качества «мачо», по оси Y — качества «хорошего отца», а в квадрантах перечислены характеристики, ассоциированные с тем и другим. В правый верхний квадрант помещены признаки, общие для «хороших отцов» и «мачо», в левый нижний — несовместимые ни с тем, ни с другим положительным образом, иначе говоря, характерные для нежелательного партнера. Всегда привлекательны низкий уровень нейротизма, активность, сексуальность, хорошее здоровье, общительность. За таким мужем — как за каменной стеной.

Итак, ничего необычного с эволюционной точки зрения. За исключением того, что «первобытные» обонятельные методы выбора лучшего мужчины работают и в XXI веке. На следующем этапе мы планируем проверить, связаны ли у мужчин внешняя привлекательность и приятный запах.

### Литература

М.Л.Бутовская, Е.В.Веселовская, В.В.Ростовцева, Н.Б.Сельверова, И.В.Ермакова. Механизмы репродуктивного поведения человека: ольфакторные маркеры мужской привлекательности. «Журнал общей биологии», 2012, 73, 4, 302—317.

*В подготовке материала принимала участие  
Е.Клеценко*





Андрей  
Лободинов

Голографическая реклама настойчиво предлагала купить слона.

— Кошки и собаки — так банально! Игуаны и пауки — экзотика прошлого века! Купи себе слоника! Карликовый слон некогда населял Мальту и острова Додеканес в Греции. К сожалению, это забавное существо вымерло, но ученые восстановили ДНК животного и возродили вид специально для того, чтобы ты мог насладиться его компанией. Карликовый слон — прекрасный компаньон! — уверяла Бориса симпатичная девушка с голограммы. Девушку сменило изображение маленького слона, бегущего за бабочкой, и фоновый голос повторил слоган: «Карликовый слон — прекрасный компаньон!»

Борис задумался. Нет, торопиться он не стал. Борис никогда не торопился. Он был типичным флегматиком. Про таких говорят: «Спокоен как слон». Но реклама оставила свой след.

Будет неплохо иметь такого компаньона, размышлял Борис. Слон — это что-то спокойное, надежное, непоколебимое. Именно так охарактеризовал бы себя Борис. Его знакомые, наверное, согласились бы с этими эпитетами, но добавили бы еще... скажем, «медлительный».

К тому же карликовый слон не займет много места, созрел для покупки Борис. Слон размером с крупного кота, разве что в кости широкий, уверяла реклама.

Слона принесли на следующий день после заказа.

— Почему он в клетке? — спросил Борис.

— Так положено. Распишитесь в получении, — скужающим тоном сказал курьер.

Когда курьер ушел, Борис открыл клетку.

— Ну здравствуй, слоняра. — Борис сделал попытку погладить животное. Оно чем-то напоминало поросенка с хоботом.

Слон деловито цапнул Бориса за палец, визгливо хрюкнул и, проскочив между ног, скрылся в соседней комнате.

С минуту Борис сидел, разглядывая укушенный палец. Наконец он убрал клетку, забинтовал палец и пошел за слоном.

На диване лежала кучка навоза. Слон сидел рядом и что-то жевал. Пока Борис пытался идентифицировать объект жевания, испытывая очень плохие предчувствия, слон следил за ним маленькими злобными глазками. Внезапно животное сорвалось с места. Задрав хобот и сердито пыхтя, слон принялся наворачивать круги по комнате. «По часовой стрелке», — отметил Борис. Он вспомнил все, что слышал о слонах. У них вроде как случались приступы буйного поведения, когда слон мог затоптать человека.

Потом позвонил в агентство.

— Вы подсунили мне какого-то неправильного слона. Между прочим, он меня укусил. Может, он бешеный и мне теперь надо уколы делать по вашей милости?

— Животное вакцинировано. Возврату не подлежит, — деловито ответила обладательница приятного контральто.

Борис решил обратиться к ветеринару. Как-никак, мы в ответе за тех, кого приручили... хотя по отношению к его слону слово «приручили» звучало довольно самонадеянно.

— Миниатюризация слона не могла не привести и к другим изменениям. Размер головного мозга невелик. Значительно уменьшилась продолжительность жизни. Ускорился метаболизм в организме. И как следствие — кардинально изменился темперамент, — терпеливо объяснила милая девушка-ветеринар. — Поведение вашего слона абсолютно типично для его вида.

Борис вздохнул. Ветеринар с сочувствием поглядела на него.

— У моих знакомых есть дом за городом. Возможно, они купят вашего слона, за символическую цену. И животному там будет лучше, — предложила она.

Борис с радостью согласился.

\*\*\*

— Компсогнат — самый маленький из динозавров! Грациозное существо, напоминающее миниатюрного дракончика, станет вашим другом и не даст вам заскучать! Более того, вы можете приобрести яйцо компсогната и присутствовать при появлении на свет вашего питомца! Всего за девятьсот девяносто девять рублей любой платежной системой! — щебетала девушка на голограмме. Борис щелкнул пультом, и красавица, с укором глянув на него, растаяла в воздухе.

«У меня уже есть питомец». Борис почесал за ухом дремавшего рядом кота Барсика

# Как доходит до жирафа

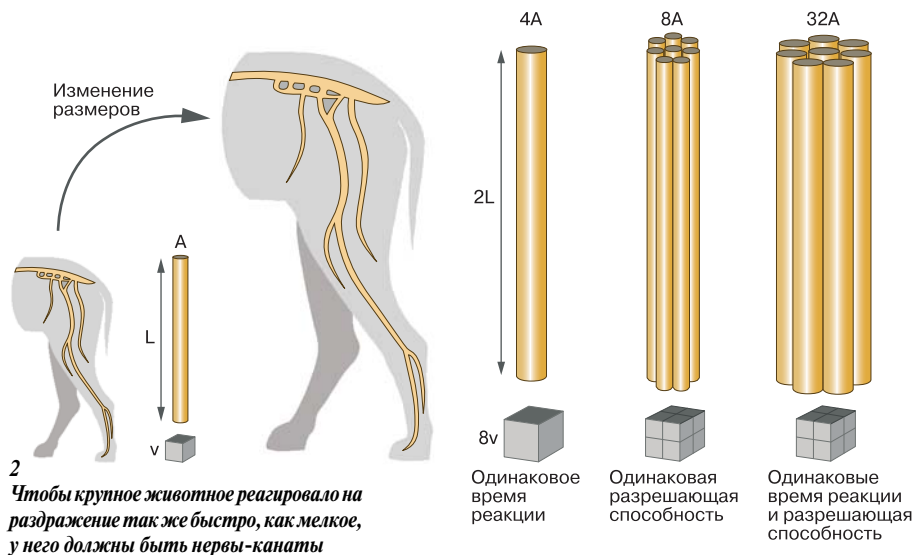
**Ж**ираф большой. Это самое высокое наземное животное планеты. Шестиметровый рост обеспечивает ему как несомненные преимущества, так и проблемы, одна из которых даже нашла отражение в фольклоре — до жирафа долго доходит. В буквальном смысле. Нервы у него очень длинные.

Представим себе путь импульса по нервным волокнам животного, которое тронули за заднюю ногу (рис. 1). В простейшем случае сигнал бежит от кожного рецептора вдоль чувствительных нервных волокон, доходит до спинного мозга, там через синапс перескакивает на двигательный нейрон, по его отростку (аксону) мчится обратно в ногу и вызывает сокращение мышцы, и животное отдергивает конечность — в учебниках это называется «сенсомоторная реакция». Каждый этап этого пути требует времени. Но если на возбуждение рецептора и передачу нервного импульса через синапсы уходит несколько миллисекунд, то проведение импульса по аксонам, распространение его вдоль мышцы и полное сокращение всех мышечных волокон занимают уже десятки миллисекунд. Время реакции на раздражитель зависит от расстояния, которое должен преодолеть нервный импульс. У крупного животного длиннее и нервы, и мышцы. Чтобы оно реагировало на раздражение столь же оперативно, как мелкое, нужно увеличить скорость проведения возбуждения.

Чувствительные и двигательные нервные волокна покрыты миелиновой оболочкой. Скорость проведения импульса по таким волокнам зависит от их диаметра: чтобы



1 Путь нервного импульса от чувствительного рецептора к мышце состоит из нескольких этапов, и каждый из них требует времени



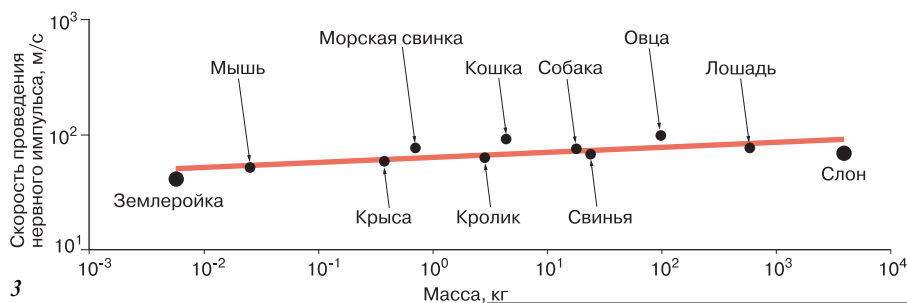
она возросла, нужны более толстые нервы. Допустим, длина ноги, а следовательно, и нервных волокон, увеличилась вдвое. Тогда, чтобы время реакции на раздражитель осталось прежним, диаметр аксона тоже должен удвоиться, но при этом площадь его сечения возрастет вчетверо (рис. 2).

Однако простым утолщением нервных волокон проблему не решить, потому что на реакцию животного влияет также разрешающая способность его периферической нервной системы, то есть возможность ощутить прикосновение и воспринять два одновременных близких касания именно как два, а не как одно. Разрешающая способность зависит от числа рецепторов на единицу объема или площади. Если конечность удлинняется в два раза, ее объем возрастает в восемь раз. Чтобы ее чувствительность при этом сохранилась на прежнем уровне, количество рецепторов в ней тоже должно увеличиться в восемь раз. А ведь от каждого рецептора отходит свое нервное волокно. Получается, что число волокон увеличивается в восемь раз ради сохранения разрешающей способности и при этом каждое становится в четыре раза толще, чтобы не изменилась скорость проведения нервного импульса. Такие волокна должны сливаться в нервы-канаты, и не во всяком теле они поместятся.

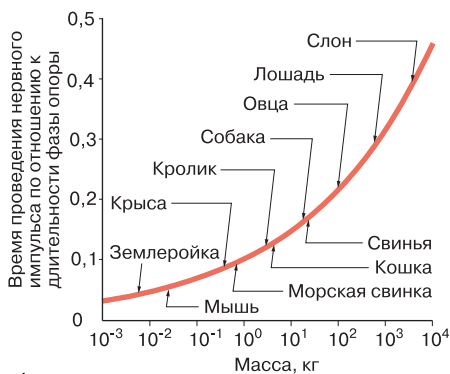
Этими подсчетами занимались ученые из Канады и Великобритании под руководством Максвелла Донелана (Университет Симона Фрезера, Канада) и Джона Хатчинсона (Королевский ветеринарный колледж, Лондон). О том, как профессор Хатчинсон изучал походку слонов, «Химия и жизнь» писала в 2010 году (№ 6). Ученые сравнили азиатского слона и самое шустрое наземное позвоночное, землеройку *Cryptotis parva*. Длина тела землеройки составляет всего 5—7 см, длина задней лапки — 3 см, а диаметр самого толстого нерва, седалищного, — 0,3 мм. Чтобы слон обладал подобной живостью, он должен иметь седалищный нерв толщиной 30 м («Proceedings of the Royal Society B», 2010, doi:10.1098/rspb.2010.0898).

Анатомические реалии явно не позволяют всем животным быть одинаково чувствительными и быстро реагирующими. Очевидно, им приходится искать компромисс между скоростью реакции и чувствительностью к раздражителям. Чтобы выяснить, как они с этим справляются, ученые измерили максимальную скорость проведения нервного импульса в седалищном нерве землеройки и азиатского слона. Любопытно, что для эксперимента они использовали шесть землероек, причем животных анестезировали, а слон был всего один, и, пока ученые возились у его задней ноги, он ел под присмотром служителя. Помимо собственных измерений, ученые использовали литературные данные о скорости проведения нервного импульса у девяти видов животных с разной массой тела. В результате получился график, согласно которому скорость проведения нервного импульса с увеличением массы возрастает незначительно, иными словами, крупные животные действительно реагируют на механические раздражители медленнее, чем мелкие (рис. 3). Время их реакции исследователи сопоставили с продолжительностью фазы опоры, то есть временем, в течение которого нога при шаге опирается на поверхность. При таком сравнении разница стала еще заметнее: время реакции у землеройки составляет не более одной двадцатой фазы опоры, а у слона — почти половину (рис. 4). А если он споткнется, то успеет ли среагировать прежде, чем упадет? Видимо, да, потому что слоны нечасто падают. Ученые предположили, что крупные животные должны обладать какими-то механизмами, компенсирующими им низкую скорость сенсомоторной реакции.

К сожалению, в перечень исследованных видов не попали жирафы, которые вызывают особый интерес благодаря необычной длине своих ног: они на 50% длиннее, чем можно было ожидать у животного такой массы. Не исключено, что и скорость проведения нервного импульса у жирафов выше, чем у других животных.



**3** Между слонем и землеройкой. Скорость проведения нервного импульса по аксонам у разных видов животных практически одинакова и не зависит от массы тела



**4** Чем крупнее животное, тем медленнее оно реагирует на раздражитель

Чтобы разобраться в этом вопросе, профессор Донелан со своими сотрудниками и аспирантами присоединился к исследователям из Орхусского университета, участникам Датской программы исследования сердечно-сосудистой системы жирафов (Danish Cardiovascular Giraffe Research Project — DaGiR). Это междисциплинарный проект, в котором участвуют специалисты из четырех стран и восьми университетов, в том числе кардиохирурги, анестезиологи, анатомы, зоологи, а также лингвисты и медсестры. Проект носит имя датского физиолога и нобелевского лауреата Августа Крога и руководствуется его принципом: существует много проблем, для решения которых подходит лишь очень небольшое количество животных. Жираф, безусловно, относится к числу избранных, его сердце и сосуды давно интересуют физиологов, а вот периферическая нервная система изучена слабо.

Результаты своих исследований ученые недавно опубликовали («Journal of Experimental Biology», 2013, 216, 1003—1011, doi:10.1242/jeb.067231). Они работали с восемью самцами жирафа *Giraffa camelopardalis* от двух до четырех лет, у которых измерили скорость проведения нервного импульса по седалищному нерву. Его длина, кстати, у молодого самца около 2,3 м. Скорость проведения импульса оказалась равной 50—53 м/с. Согласно графику зависимости этой величины от массы тела, у жирафа она должна быть значительно выше — около 83 м/с. Тогда Донелан и его коллеги попробовали другой способ определения максимальной скорости проведения импульса. Они ее

вычислили, исходя из корреляции между скоростью и диаметром нервного волокна. Считается, что скорость проведения возбуждения в миелинизированном волокне диаметром 1 микрометр равна примерно 6 м/с и на столько же она возрастает с увеличением диаметра на каждый микрометр. Исследователи установили, что средний диаметр нервных волокон в седалищных нервах тех жирафов, которых они изучали, — около 14 мкм, то есть теоретически они должны проводить импульс со скоростью 85 м/с.

При различных способах определения значения скорости получились разными. Ученые объясняют это обстоятельство методическими погрешностями, но какой бы ни была причина расхождения, она не влияет на основной вывод: время сенсомоторной реакции в любом случае несопоставимо с таким у мелких животных. Например, у крысы скорость проведения нервного импульса около 60 м/с; чтобы жираф реагировал на раздражение так же быстро, как крыса, его импульс должен мчаться по нервам со скоростью 650 м/с, а нервные волокна должны быть почти в восемь раз толще, чем в действительности. Исследователи подсчитали, что при скорости 50 м/с сигнал дойдет от рецептора на задней ноге до спинного мозга за 46 мс, а общее время реакции составит около 100 мс, из которых 38% уйдет на пробег нервного импульса по чувствительному и двигательному нервам и 45% — на то, чтобы икроножная мышца полностью сократилась. Если реальная скорость проведения выше, 85 м/с, время реакции будет меньше, но у жирафов старше четырех лет длиннее ноги. Истинное значение, по мнению исследователей, лежит где-то посередине.

Еще дальше сигнал будет идти до головного мозга. Только на путь по нервным волокнам в оба конца уйдет 109 мс, а к этому надо прибавить время, необходимое для иннервации мышцы (13—14 мс) и мышечного сокращения (45 мс). Фаза опоры у бегущего жирафа длится 210 мс, так что, если он споткнется, времени на размышление у него не будет. Исследователи предполагают, что жираф вынужден в некоторых случаях полагаться на спинномозговые рефлексы, а не рефлексы, опосредованные головным мозгом, чтобы успеть среагировать на препятствие и правильно поставить ногу.

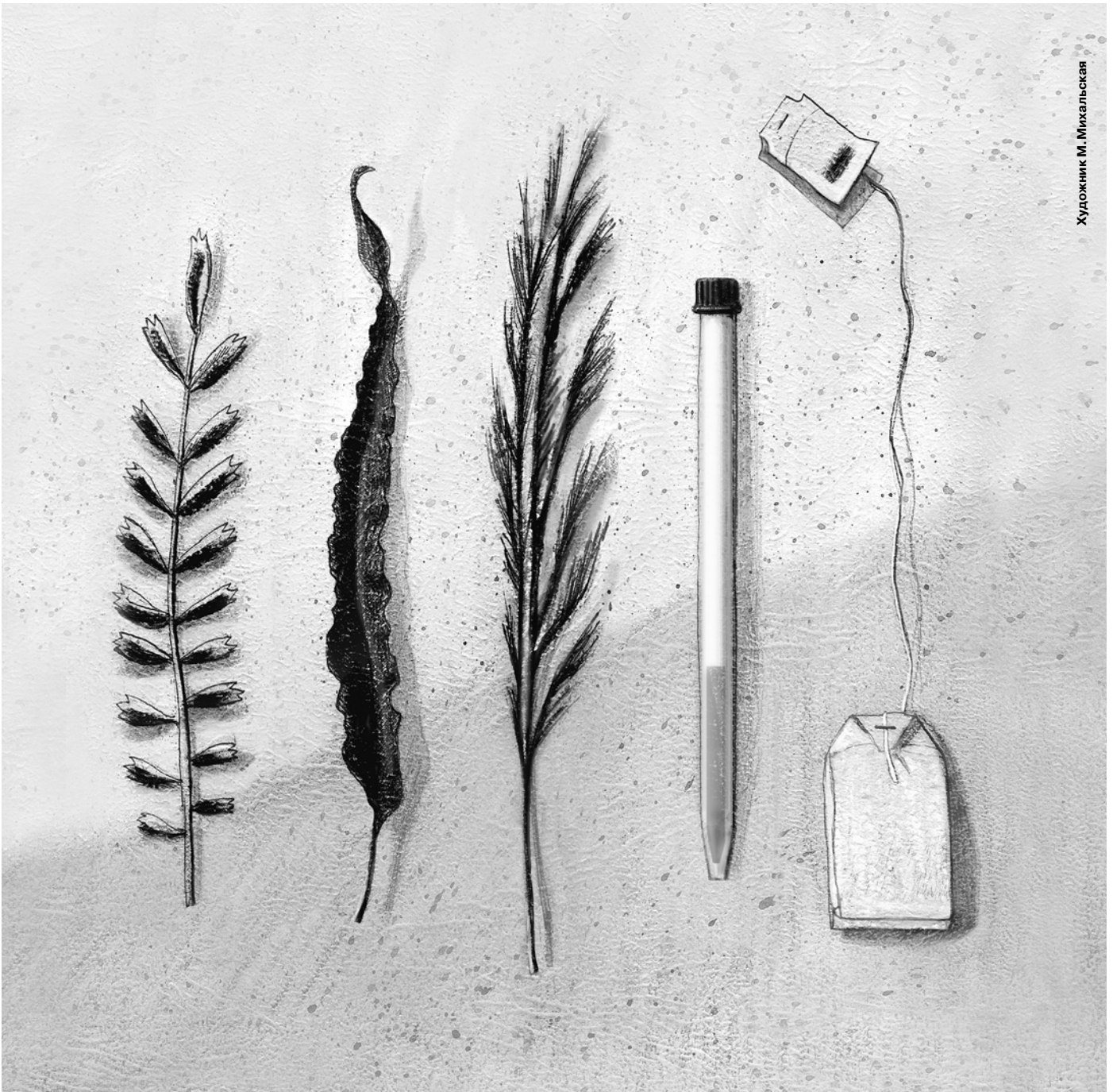
Со скоростью реакции на механическое раздражение ученые разобрались. А как у жирафов обстоит дело с чувствительностью? По-видимому, тоже не очень хорошо, хотя в данном вопросе исследователи ориентировались на косвенные данные. Зависимость количества нервных волокон от размера животного пока не известна, однако мы знаем, что у пяти видов млекопитающих число волокон в седалищном нерве возрастает от 4000 у мыши до 23 500 у дога, который тяжелее мыши в 250 раз. Если продлить эту зависимость, то у жирафа должно быть около 100 тысяч нервных волокон. Исследователи не поленились, пересчитали, примерно столько их и оказалось. Чтобы жираф сравнялся в чувствительности с крысой, волокон у него должно быть 5,6 млн. с учетом разницы в объемах конечностей, и около 650 тысяч, если сопоставлять только поверхности. В обоих случаях жирафу до крысы далеко. Но возможно, он решает проблему чувствительности как-то иначе.

Исследователи обнаружили, что в большинстве нервных пучков седалищного нерва жирафа преобладают аксоны двух типов: потолще, со средним диаметром 12 мкм, и потоньше (5 мкм). Такое бимодальное распределение известно — его ранее описали для человека и других животных, первые подобные наблюдения опубликованы еще в 1939 году. Возможно, пучки с аксонами двух диаметров иннервируют удаленные участки тела. Более толстые волокна управляют поведением, которое требует быстрой реакции, а тонкие поддерживают высокую разрешающую способность некоторых участков ткани. Однако это только гипотеза. Пока же ученые отмечают, что у жирафов ограничена чувствительность к механическим раздражителям, а время реакции на них даже больше, чем у других животных сходной массы, из-за очень длинных ног. Это обстоятельство, безусловно, влияет на их поведение, экологию и эволюцию. Чтобы не испытывать проблем, особенно при беге, жирафам необходим дополнительный механизм эффективного сенсомоторного контроля, такое шестое чувство, возможно, даже не одно. Будем искать.

**Н. Анина**



**ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ**



# Чайные ДВОЙНИКИ

Кандидат химических наук  
**А.С.Садовский,**  
 кандидат исторических наук  
**И.А.Соколов**

## Новое русское слово «тизан»

Россия — традиционно «чайная» страна: годовое потребление чая на душу населения достигло 1,4 кг, а кофе — в два раза меньше. По чайному признаку мы страна европейская: доля зеленого чая, преобладающего в Азии, у нас составляет всего 10%, что меньше приходящихся на чисто травяные и ягодные заменители 17%. В СССР, за исключением военного времени, сурrogаты чая большого распространения не имели. Откуда же они сейчас взялась в таком количестве?

Те читатели, кто помоложе, не застали стремительного превращения сообщества коллективов, борющихся за звание, в общество, каждый член которого стремится не произвести, а продать. Не помнят и жизни без рекламы. А сегодня о заменителях чая, как и о любом товаре, мы первым делом находим «рекламную информацию». Уже позаимствовано из французского языка красивое название «тизаны» (tisane — отвар, снадобье). Тизаны по определению не содержат кофеина, так что мате из парагвайского падуба и китайский кудин из падуба

широколистого к их числу не принадлежат. Помимо смесовых в наших чайных магазинах уже закрепились индивидуальные заменители — ройбос (rooibos, ройбуш, красный куст) и иван-чай (кипрей). Еще несколько — бадан, пятилистник кустарниковый, или курильский чай и копеечник чайный, он же «красный корень» — заняли положение кандидатов и пока проходят по категориям биологически активных пищевых добавок или лечебных сборов.

Реклама ройбоса солидная, сдержанная. Ее предоставляют крупные чайные фирмы, работающие на импортном сырье, и специализированные магазины. Российскими тизанами занялись предприниматели помельче, их реклама агрессивнее. В конкурентной борьбе трудно не поддаваться соблазну что-нибудь приукрасить или исказить, поэтому постараемся разобраться, чем по химическому составу тизаны отличаются от чая и каково было их прошлое.

## Полифенолы: от зеленого листочка до чашки

Прежде чем почувствовать аромат чая, а тем более попробовать на вкус, мы видим его цвет. У зеленого чая, понятно, цвет зеленый с желтизной. Он определяется хлорофиллом и каротиноидами. Цвет и вкус ферментированному чаю или заменителю (о цветочных тизанах типа каркаде здесь речь не идет) придают фенольные соединения. У них в отдельных ароматических кольцах часто содержится по несколько ОН-групп, что существенно сказывается на свойствах молекул, поэтому такие соединения правильнее называть полифенолами. Выделим из них три группы: макромолекулярные (далее — полимеры), низкомолекулярные олигомеры и мономеры, участвующие в их образовании. Остальные отнесем к «прочим». Макромолекулярные фенолы еще называют дубильными веществами. Не все они годятся для дубления кож, так что термин условный. Отметим также, что полифенолы вносят немалый вклад в формирование вкуса тех же яблок, поскольку в большом количестве содержатся в кожуре фруктов. Кстати, потемнение яблок на срезе — процесс, аналогичный ферментации чая.

Сухой ферментированный чай на вид черный или темно-бурый. Такой цвет ему придают графитизированные полимеры, обладающие, как и графит, развитой системой сопряженных связей. У ферментированного ройбоса настой коричневатый, но сам он в сухом виде не черный, а красно-коричневый: полимеров у него нет, поскольку нет и мономеров; в его зеленых листьях (если не вдаваться в подробности) все низкомолекулярные фенолы из категории «прочих». Кипрей по характеру полифенолов ближе к чаю: в его зеленых листьях мономеров нет, но есть олигомеры: ди- и тримеры.

Клетка зеленого листа поглощает или выделяет кислород в зависимости от направленности происходящих в ней процессов. В дозируемых количествах кислород проходит через клеточную мембрану. При его избытке ферменты собирают фенольные мономеры в крупные молекулы, поэтому разрушение клеточных мембран в тканях листьев — важная технологическая операция. Она включает скручивание (ортодоксальный чай) или измельчение листьев до пастообразного состояния (гранулированный СТС-чай). Для кипрея запатентован еще один способ разрушения клеток (патент РФ 2095994): промораживание листьев при минус 10—20°C. Чтобы не разрушить ферменты, нагревают чай не выше 60°C, при этом самопроизвольно устанавливается кислая среда с рН около 5,5. Такое же значение характерно для крутой заварки чая и ферментированного кипрея, а у ройбоса оно близко к 7, то есть среда нейтральная.

Для получения зеленого чая листья тоже скручивают, что впоследствии ускоряет и улучшает заваривание. Но вместо ферментации его быстро сушат при 100°C, разрушая фер-



## ЧТО МЫ ПЬЕМ

менты, что сохраняет начальный состав полифенолов с большим количеством мономеров. Вообще-то полимеризацию и конденсацию полифенолов можно провести и без ферментов — химическим путем, создав рН среды выше 7,5. Патент на такой способ химического модифицирования чая принадлежит корпорации «Липтон» (патент США № 3484246). Его легко воспроизвести в домашних условиях. Если как следует размочить в содовом растворе (рН 8—8,5) листья зеленого чая, то они превратятся в черные уже при медленной сушке на ситечке. Вкус настоя изменится и станет терпким.

Подвергнув подобной процедуре ферментированный ройбос (другой у нас не продается), «черного» цвета не получишь. Но вот из листьев кипрея, которые продаются в аптеке под названием «Трава кипрея узколистного», можно сделать черный копорский чай. Более того, поскольку лекарственные травы сушат при комнатной температуре, в «траве кипрея» сколько-то ферментов сохраняется и удастся провести так называемую постферментацию без добавления соды. Получится копорский чай с характерным фруктовым запахом.

Разница между чаем и его заменителями не в количестве полифенолов, а в их качестве, то есть в строении. Например, чем меньше степень полимеризации, тем выше антиоксидантная активность полифенолов, измеряемая стандартными методами. Именно из-за слабой полимеризации зеленый чай оказывается рекордсменом по антиоксидантным свойствам. Однако антиоксидантная активность — не единственное качество чая. Наличие в его листьях свободных мономеров позволяет, меняя условия сушки, сформировать различное соотношение форм полифенолов и степень сшивки полимеров. Поэтому и придумано столько видов чая, отличающихся по составу, а не по затейливости названий.

## Фенольные пазлы

В настоящем чайном листе мономеров примерно вдвое больше, чем олигомеров и полимеров. Пара эпигаллокатехин и эпигаллокатехингалат (EGC и EGCG соответственно) по весу составляет 80% от всех мономеров, присутствуют они почти в эквимолекулярном соотношении, и к тому же оба содержат очень реакционно-активные фрагменты с тремя ОН-группами (остатки пирогаллола или галловой кислоты, см. схему). После разрушения клеточной мембраны EGC и EGCG инициируют каскад окислительных превращений, начинающийся с появления четырех димеров разного строения. Каждый из них даст свои линии полимеров. Всего в черном чае можно насчитать до 30 тысяч разных полифенолов. По одному из димеров образующиеся на первом этапе олигомеры получили название теафлавинов, а полимеры названы теарубигинами. Важен выбор момента прерывания ферментации: нужно сохранить часть теафлавинов. Если их в десять раз меньше, чем теарубигинов, заварка получится хорошей, ароматной, с живой красно-коричневой окраской. У плохих сортов черного чая доля теафлавинов меньше и может составлять лишь двадцатую часть от содержания теарубигинов.

# ФЕНОЛЬНЫЕ ПАЗЛЫ

**Эпигаллокатехин EGC**

**Катехин**

**Лютеолин**

**Эпигаллокатехингаллат EGCG**

**Галловая кислота**

**Дигалловая кислота**

**Гексагидроксибензойная кислота**

**Элаговая кислота**

**Пирогаллол**

**Пирокатехин**

**Гидрохинон**

**Глюкоза C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>**

**ЧАЙ**

рН 5,5  
Ферменты

**КИПРЕЙ**

Межмолекулярный квадруплекс ДНК с удерживаемым димером EGCG по Н. Кунерту

**БАДАН**

**ЛАПЧАТКА**

**РОЙБОС**

рН > 7,5

Теафлавины ZZZZZZZZ  
Теасинесины ((((((0))))))  
Теацитрины ~~~~~~  
Теанафтохиноны #####

**ТЕАРУБИГИНЫ**

Присутствие в чае эпигаллокатехингаллата приобретает особое значение. Совсем недавно Николай Кунерт из Кингстоунского университета обнародовал гипотезу (см. «Food & Function», 2013, 4, 328–337; doi: 10.1039/C2FO30159H), согласно которой отнюдь не антиоксиданты делают чай полезным. Он заметил, что полифенолы чая и кофе обладают сродством к G-квадруплексам ДНК (то есть участкам, богатым гуанином и способным образовывать четырехнитевые структуры), причем димер EGCG оказался самым активным. Квадруплексы обычно возникают при репликации ДНК, так что с ними связаны многие важные жизненные события на клеточном уровне.

В полифенолах кипрея тоже часто встречается мотив пирогаллола. В его листьях нет мономера, но много димера — энотеина В ( $n = 0$ , см. схему) — до 15% от сухого веса. Тримера, энотеина А ( $n = 1$ ) примерно втрое меньше. Энотеин В сейчас интенсивно изучают во многих странах. Именно у него обнаружен целый набор достоинств, в том числе и онкопротекторные свойства, которые еще недавно относили к неразделенной фракции полифенолов. «Теин» в названиях олигомеров не имеет отношения к чаю: первоначально энотеин В выделили из ослинника (энотеры), растения, принадлежащего к тому же семейству кипрейных.

Напрашивается аналогия этого димера с димером чая диэпигаллокатехингаллатом. Не исключено, что его био-

логическая активность также обусловлена способностью образовывать прочные комплексы в G-квадруплексах ДНК. Что касается дальнейшего сопоставления чая с кипреем, то из-за отсутствия мономеров при биохимическом или химическом окислении последнего происходит не полимеризация, а только сшивка и графитизация полимера. Обладающие запахом соединения образуются параллельно из числа «прочих» полифенолов.

Так же, как у кипрея, в зеленых листьях бадана мономеров мало, но вот прочих полифенолов много — до 20%. В основном это арбутин — глюкозид гидрохинона; от него зависит горьковато-вяжущий вкус; он же содержится в листьях кавказкой черники, широко используемой до революции как суррогат чая. Столько же, 20%, и мономеров, в основном состоящих из гидролизуемых танинов (остатки галловых кислот, скрепленных эфирными связями с глюкозой). В ходе естественной ферментации их доля резко возрастает, получают окрашенные полимеры, при этом содержание арбутина падает до 5%. Буровато-зеленые листья бадана — аналог китайского чая улун (красный чай «темный дракон» — промежуточная степень ферментации между зеленым и черным), в щелочной среде они быстро чернеют.

В полифенолах ройбоса пирогаллоловый фрагмент встречается редко. Среди низкомолекулярных полифенолов 70% приходится на аспалатин. При ферментации послед-

ний быстро претерпевает циклизацию и превращается в ориентин — гликозид замещенного катехина, но в отличие от эпигаллокатехина чая он в последующие реакции полимеризации не вступает. Подобным образом ведет себя и аналог аспалантина нотофагин, у которого на одну ОН-группу меньше. Производные ориентина и составляют основу полифенольной композиции ферментированного ройбоса, такие полифенолы мы условились называть «прочими».

По внешнему виду и по характеру полифенолов ройбос напоминает лапчатку кустарниковую, из которой делают курильский чай, — такие же кустики с желтыми цветочками. Хотя по химическому составу они не так уж и близки: в листьях лапчатки, в отличие от ройбоса, полифенолы присутствуют в виде полимеров (до 85%), но они образованы столь же малоактивными молекулами в отношении реакций конденсации. Это катехин и эллаговая кислота, скрепленные эфирными связями с глюкозой в виде гидролизуемых танинов. Эллаговая кислота хотя и состоит из двух молекул галловой кислоты, но они так жестко скомпонованы, что свободных ОН-групп мало. При ферментации в щелочной среде курильский чай не чернеет. Среда его заварки, как и у ройбоса, близка к нейтральной.

Высокой антиоксидантной активностью полифенолов объясняют многие целебные свойства чая. Углубляться в биомедицинские аспекты у нас нет возможности, но следует оговориться. Многие пищевые продукты содержат вещества, легко взаимодействующие с кислородом, то есть антиоксиданты. Они есть и у тизанов, например антиоксидантной активностью обладают прочие полифенолы, о которых мы не говорим. Но если заменить чай, скажем, на пиво в эквивалентных количествах по антиоксидантному числу, оздоровительный эффект будет совершенно иным.

## Счет три-ноль

В наших аптеках чай не продается, но можно приобрести препараты, которые содержат его активные вещества — кофеин, теанин и гамма-аминомасляную кислоту (ГАМК, или в английской аббревиатуре GABA). Все они психоактивны. О возбуждающем кофеине говорить не станем, а кратко остановимся на остальных, действие которых стало понятным на столетие позже.

Теанин (N-этил-L-глутамин), так же как и глутамат натрия, обладает вкусом умами. Именно он придает особый сладковатый привкус хорошему зеленому чаю; в черном его забивает терпкость полимерных полифенолов. Вкус ройбоса тоже сладковатый, так как он содержит глюкозу в свободном состоянии, а его полифенолы не очень горькие. В чашке чая может быть до 20 мг теанина, который в такой дозе уже способен повышать умственную активность и внимание, поскольку хорошо проходит через гематоэнцефалический барьер, то есть проникает из крови в мозг. Это важно: там он может превратиться в ГАМК — тормозной нейромедиатор; кроме того, эта аминокислота дирижирует многими физиологическими процессами. (ГАМК была посвящена целая статья в № 7 «Химии и жизни» за 2006 год.) Комбинация возбуждающего кофеина с тормозящими теанином и ГАМК и создает неповторимое действие чая, мягкое по сравнению с кофе.

Семьсот лет назад в городке Пу китайцы научились делать особый вид чая — пуэр. По классической технологии специально подготовленный зеленый чай (мао ча) подвергают длительной постферментации в сочетании с микробиологической модификацией: выдержка в сухом помещении длится 15—25 лет. Пуэр можно было бы отнести к тизанам, поскольку за это время микрофлора съедает почти весь кофеин; такой чай настолько сильно успокаивает за счет действия теанина и ГАМК, что с его помощью удается предотвращать приступы эпилепсии у подопытных грызунов.



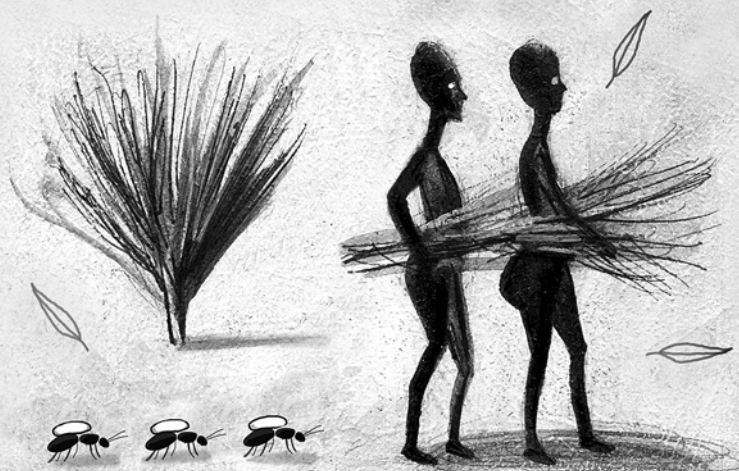
## ЧТО МЫ ПЬЕМ

В 1973 году на Мэнхайском заводе был выпущен пуэр шу (быстро приготовленный пуэр) по специально разработанной промышленной технологии, в которой сухая постферментация была заменена сырой. Коммерческая технология не нуждается в столь большой выдержке, но позволяет получить химический состав, такой же, как у настоящего пуэра. Несколько позже, в 1990-х годах, в Японии разработали технологию ферментации в анаэробных условиях. Она увеличивает содержание ГАМК в 10—15 раз при обычном содержании кофеина и полифенолов. Новый габарон-чай (от английской аббревиатуры GABA, то есть ГАМК) стали делать в Японии и на Тайване. Он пользуется особой популярностью, а японцы считают свое изобретение чаем нового тысячелетия.

Содержание тормозных аминокислот в наших тизанах равно физическому нулю: растения вообще их накапливают крайне редко. Корни некоторых бобовых содержат ГАМК в соизмеримых количествах с чайным листом, это астрагалы (до 0,003%) и копеечники. В Европе в тяжелые времена из бобов кофейного (испанского) астрагала делали суррогатный кофе. Сколько ГАМК в «красном корне», неизвестно, немного исследованы лишь его полифенолы. Возможно, что вскоре мы сможем определиться и с ГАМК: и для настоящего чая, и для копеечника получены культуры «бородатых корней», их выращивают в сосудах с питательной средой отдельно от наземной части.

Главная героиня этого процесса — бактерия *Agrobacterium rhizogenes*. Попав в корни, она встраивает свои гены в ДНК растения и меняет его жизнь: корневая система сильно ветвится и разрастается, а ее клетки вырабатывают уже новые соединения, необходимые для жизни паразитирующей бактерии; измененный генотип передается по наследству. Для создания культуры «бородатых корней» берут какой-либо фрагмент молодого растения, выдерживают его в растворе с *A. rhizogenes*, а потом переносят в сосуд с питательной средой; при удачном заражении «бородатые корни» начинают бурно расти и вырабатывать полезные вещества.

В чаю много антисептиков-полифенолов, поэтому для чая трудно получить культуру «бородатых корней». Но в 2009 году это сделали сотрудники индийского Института исследований чая UPASI («Indian Journal of Biotechnology», 2009, 8, 430—434). Оказалось, что культура корней, полученная из чайного листа, очень богата полифенолами, из нее можно получить искусственные чайные антиоксиданты. И.Н. Кузовкина, которая со своими коллегами в Институте физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН еще раньше вырастила генетически трансформированные корни марены красивой (см. «Химию и жизнь», 2002, № 7), преодолела фенольный барьер и получила такую же культуру копеечника чайного. На нее получен патент РФ 2360964. Не исключено, что из этих корней получится еще один чисто отечественный заменитель чая, причем не простого, а успокаивающего, вроде японского габарона.



## Из истории чаезаменителей

### Гинзбург, отец ройбоса

Вениамин Аронович Гинзбург (? — 1944), родившийся еще в Российской империи, в семье российских чаоторговцев, долгое время жил в Двинске (ныне Даугавпилс) и Москве. Свое дело в немецкой эмиграции Вениамин Гинзбург (в англоязычной литературе Бенджамин Гинзберг) начал как торговец бакалейными товарами: чаем и

сахаром. Оказавшись в Южной Африке, он обратил внимание на обычай бушменов пить ароматный напиток, похожий на чай. Листья местного кустарника они собирали, рубили топорами и отбивали специальными деревянными молотками с последующим высушиванием на солнце — ферментировали. Гинзбург стал выменивать чай у местных жителей и продавать его в Кейптауне и Германии. Появился устойчивый спрос, который к

1920-м годам превысил предложение.

Кустарник *Aspalathus linearis* семейства бобовых был известен европейцам еще с 1772 года, его описал знаменитый шведский натуралист Карл Петер Тунберг (1743—1828). Вениамин Гинзбург задумал организовать плантации для выращивания сырья в промышленных масштабах. Используя свои знания о чае, он попытался применить известные промышленные технологии обработки чайного листа и подобрал оптимальную технологию для сырья из Южной Африки: листья ройбоса выдерживал в бочках, покрытых влажной тканью.

В 1930-е годы нашлись и другие энтузиасты ройбоса. Гинзбург уговорил местного врача Питера ле Фрас-Нортье попробовать окультурировать аспалатус. Нортье стал собирать семена с помощью населения, но дело шло плохо — как только созревали стручки, мелкие зерна рассыпались. Потом одна африканка увидела муравья, несущего драгоценное семечко. Разграбление муравейников позволило добыть семена в количестве, необходимом для плантации. К делу подключился и сын Гинзбурга — Генри Чарльз. Позднее за вклад в превращение аспалатуса в одну из основных сельскохозяйственных культур ЮАР его стали звать «королем ройбоса». Годовое производство ройбоса ныне достигло 12 тысяч тонн в сухом весе, из них половина идет на экспорт.

Совсем недавно придумали делать бескофеиновый «эспрессо из ройбоса», так что он становится и двойником кофе.

### Альтернатива сатанинской травке

История копорского чая из кипрея еще более замысловата. Православная церковь сперва отрицательно отнеслась к завозу нового зелья — «китайской травки». У старообрядцев запрет на сатанинскую кухню (картофель, кофе, чай) сохранился надолго: «чаепитие есть грех сластолюбия», «кто пьет чай — отчается, кто кофе пьет — у того на сердце ков». В Забайкалье с 1735 года после так называемого Первого выгона начали появляться ссыльные старообр-



рядцы. Местные же буряты давно отыскали сырье для замены чая, которое можно было собирать осенью: подсушенные листья кипрея. От них староверы и переняли обычай употреблять фиточай, что им не возбранялось.

Чтобы получился бурятский улаажаргын сай, пожухшие и свернувшиеся листья кипрея собирают и укладывают в подходящую посуду. Их смачивают свежей заваркой того же улаажаргын сая и ставят в тепло на ферментацию, потом заваривают с добавлением молока. В Бурятии улаажаргын сай популярен и сейчас, при желании его можно поискать в специализированных магазинах или заказать по Интернету.

В Европейской же части России до революции чай из кипрея называли копорским. Город Копорье не раз переходил от русских к шведам и обратно, а в 1703 году был окончательно возвращен России. В 1740—1742 годах в этом уездном городе был 581 дом и проживали 4202 человека. С самого начала XVIII века в Копорье существовала старообрядческая община беспоповцев, основанная сыном новгородского священника Симоном Иовлевым. Он передал ее Константину, также выходцу из Новгорода. Члены общины могли перенять у своих сибирских единоверцев употребление ферментированного чая из кипрея. Далее через соседей и родню самодельный копорский чай стал распространяться по округе. Екатерина II приложила усилия к улучшению положения староверов, но права их оставались урезанными. Отсюда могла быть дополнительная скрытность: крупных артелей не появилось. Производство, очевидно, оставалось на семейном подраде, для себя и на продажу.

Единокого способа ферментации не было, каждый делал по-своему: с молоком или без молока, с использованием свежей или высушенной травы. Большого дохода копорский чай не принес: в «Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона», то есть спустя сто с лишним лет, Копорье уже не уездный город: *«До сих пор сохранились развалины крепости и старинная церковь; в воротах крепости — икона Спасителя, почитаемая жителями. Двор. 52, жит. 316, 2 прав. црк., школа, 2 лавки»*. У них же о кипрее написано: *«Листья этого растения служат в России для подделки чая. Приготовленные на манер настоящего чая, они или подмешиваются к нему, или же продаются прямо под именем чая. Его выделывают местами тысячами и десятками тысяч пудов, напр. в Ржеве и пр. Продажа копорского чая запрещена, хотя он не заключает в себе ничего вредного»*.

Все это не очень согласуется с современной рекламой, авторы которой

делают весьма смелые утверждения, например такие: *«Даже Англия закупала тысячи пудов Иван-Чая, а по объему экспорта из России, он был на втором месте, обогнав и пушнину, и лен»*. (А.Ф.Грачев, ООО «Роса Иван-чая»). Или вдруг мы узнаем, что в «Евгении Онегине» Татьяна из китайского фарфорового чайника наливала иван-чай, потому что ведь сказано «душистый чай», значит — русский (А.Н.Никитин, В.И.Емельянов, ЗАО им. Емельянова). Как говорится, без комментариев.

Надо полагать, большую часть копорского чая делали из того, что в аптеке называется «травой кипрея». Кипрей, не дожидаясь осени, заготавливали летом и сушили снопами или вениками. Зимой же, когда время есть, да и все равно печь надо топить каждый день, «траву» обрабатывали. По преданиям, на изготовителей копорского чая были нарекания, что, дескать, перетирают его с «белой глиной». Но скорее это была известь или зола (поташ) — вспомним о химической обработке полифенолов в щелочной среде. И кусочки угля, обнаруживаемые в цветочном чае, не были случайными. Современная технология копорского чая ориентируется исключительно на биохимический, ферментативный способ (патенты РФ № 2095994, 2123788, 2226059). Теперешнее коммерческое производство механизировано, и за летний сезон можно приготовить нужный объем товарного иван-чая.

## Чай из бадана

Монгольские племена давно приобщились к чаю. Возможно, поэтому у них и сохранился древний китайский прием — пить чай с солью. Буряты заметили, что весной побуревшие прошлогодние листья бадана выглядят как чайные, а если их заварить, то и настой похож на чай. В Забайкалье и на Алтае найти бадан не проблема, там широко распространены бадан толстолистный. Иногда бадановый чай называют тунгусским, иногда монгольским, но такое название больше подходит другому напитку, который заваривают зеленым прессованным чаем. В него кроме соли добавляют молоко, масло или жир, а также муку и крупу, получается нечто вроде супа. Бадановый чай еще называют чигирским или чагирским. Вот, например, выдержка из записок известного немецко-русского ботаника А.А.Бунге после путешествия по Алтаю в 1826 году: *«Вслед за тем прибыли в д. Чагыр. По названию этой деревни местные крестьяне называют «чагырский чай», или бадан, так как во множестве собирают здесь его прошлогодние сухие листья и продают их в округе как суррогат»*.



ЧТО МЫ ПЬЕМ

По преданию, монахи Спасо-Преображенского Соловецкого монастыря в 1830 году совершили путешествие в Тибет и привезли настоятелю подарок от далай-ламы — целую коллекцию семян, в том числе бадана. Их высадили в Ботаническом саду в Макарьевской пустыни, и не только там: бадан с 1870 года растет вдоль лиственничной аллеи. Это одна из местных достопримечательностей, а посетителям по традиции предлагают откусать и чай из него. Таким чаем, к примеру, потчевали принца Чарльза Уэльского, посетившего в 2003 году Соловки и собственноручно посадившего в Ботаническом саду сибирскую пихту.

Судя по Интернету, многие увлекаются самостоятельным приготовлением травяных и цветочных чаев. Их сделать несложно. С чагырским чаем совсем просто: в любое время после схода снега можно собрать на дачном участке или попросить у соседей прошлогодние листья бадана. Если захочется попробовать ферментированный курильский чай, его придется сделать самим, вырастив куст лапчатки *Pentaphylloides fruticosa*: панегирики его уникальным целебным свойствам, включая радиопротекторные, в Сети найти нетрудно, а вот в продажу он не поступает. Ферментация большого труда не составит, ее можно осуществить обычным путем. В Сибири и на Алтае лапчатку кустарниковую заваривают и пьют как лечебное средство («джура») или просто как чай. (Именно его называют курильским, а почему — не вполне понятно: где Алтай и где Курилы...) Пишут и о целебных свойствах чагырского и копорского чаев, но для рассмотрения этих аспектов нашей вводной части по химическому составу явно недостаточно. А для ответа на вопрос, безвредны ли они, можно воспользоваться принципом американского Федерального агентства по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств: все эти продукты безопасны, поскольку их традиционно используют без каких-либо отклонений много лет.



# Аллергия на пыльцу и не только

Для кого-то весна — пора цветения и радости, для кого-то самое ужасное время года. Эти чихающие, кашляющие, сморкающиеся люди вовсе не простужены — у них аллергический ринит. «Счастливики» страдают несколько недель в год, весной или летом, смотря по тому, на березу у них аллергия или, скажем, на злаки. Других напасть подстерегает независимо от сезона, во время еды или при встрече с кошкой. (Кстати, богатые аллергики уже могут купить себе безопасного питомца — специально выведенную, генетически сертифицированную гипоаллергенную собаку или кошку, см. например [www.allerga.com](http://www.allerga.com).) И хорошо если только насморк, а не дерматит или астма... Ученые упорно работают над этими проблемами. О полной победе рапортовать пока не приходится, но интересные новости появляются регулярно.

В конце апреля прошлого года небо над Москвой и областью внезапно позеленело, потом на машины и тротуары осела страшная зеленая пыль. Люди звонили в редакцию, беспокоились, не утечка ли это отравляющего газа. Мы их разочаровали: в некоторые годы березовой пыльцы летит больше, чем обычно, явление интересное, но не конец света; нет, если бы это был хлор, вы бы уже никуда не звонили... Хотя для страдающих аллергией «на березу» это, наверное, было не лучше газовой атаки.

Главное боевое отравляющее вещество березовой пыльцы называется Bet v 1 (betula по-латыни «береза»). Этот белок дал название целому семейству аллергенов. Исследование международной группы ученых показало, что пыльца пыльце рознь и опасность ее напрямую зависит от этого компонента. Чем больше мы узнаем о нем, тем скорее поможем аллергикам.

Много лет подряд во время цветения березы пыльцу ловили в специальные ловушки на станциях наблюдения, расположенных в пяти европейских странах (Франция, Великобритания, Германия, Италия, Финляндия). Проект финансировался Евросоюзом. В пробах подсчитывали зерна пыльцы, а также определяли содержание Bet v 1 методом иммуноферментного анализа.

Особенно удачным выдался 2009 год: улов был представительным на всех станциях, что дало хороший материал для сравнения. Среднее количество аллергена, высвобождающегося из пыльцы, — 3,2 пикограмма на пыльцевое зерно, и оно не слишком различалась в разных странах. Однако значения, рассчитанные для отдельных дней, могли различаться более чем в десять раз. Вероятно, больше аллергена выделяет свежая пыльца, а пролетев значительное расстояние, она «выдыхается». Количество зерен варьировало от сотен до тысяч на кубометр воздуха. (Авторы упоминают, что наблюдения в богатой березами Восточной Европе, не вошедшие в эту статью, давали еще более высокие значения.) Однако вреден аллерген в воздухе, а не сами пыльцевые зерна — как показали авторы исследования, именно он вызывает активацию клеток иммунной системы, базофилов.

Напоследок заметим, что информация о боевых действиях ветроопыляемых растений против аллергиков можно получить на сайте [www.polleninfo.org](http://www.polleninfo.org), а для Москвы есть еще календарь пыления на сайте палинологической группы кафедры высших растений биофака МГУ (<http://herba.msu.ru/russian/palinology/calendar.htm>).

Jeroen T.M. Buters et al. «Release of Bet v 1 from birch pollen from 5 European countries. Results from the HIALINE study. «Atmospheric Environment», 2012, 55, 496—505 doi: 10.1016/j.atmosenv.2012.01.054

В этот раз тематический поиск привел нас к журналу Европейской академии аллергии и клинической иммунологии «Allergy». Начали мы листать последние номера — и не смогли оторваться.



Медицина предлагает аллергикам антигистаминные средства для приема внутрь, капли с глюкокортикостероидами, различные методы иммунотерапии. Почти все они обладают нежелательными побочными эффектами, зачастую не снимают полностью проявлений аллергии, да и соотношение «цена/эффективность» не всех устраивает. Многие больные поэтому склоняются к альтернативным методам лечения, например к акупунктуре.

Суть акупунктуры заключается в том, что в строго определенных точки на теле человека вводят иглы, которые затем специальным образом вращают либо подают на них электрический ток. Акупунктуру используют при лечении многих недугов, проявления которых она эффективно снимает. Тем не менее результаты ее применения при аллергическом рините до сих пор оставались спорными. В 2009 году специалисты двух корейских и двух китайских научных центров провели исследование, результаты которого заслуживают доверия, поскольку отбор достаточно большого числа участников и наблюдения за ними были весьма тщательными. Добровольцы — 238 человек из предварительно набранных 534 — не страдали тяжелыми заболеваниями, аллергические проявления наблюдались у них в течение месяца как минимум четыре раза в неделю. Их разделили на три группы случайным образом: первым делали настоящую акупунктуру, вторым те же иглы вводили в «пустоты», так что манипуляции с ними не давали так называемого эффекта де-ци, главного результата при иглоукалывании, третьим сообщали, что включили их в лист ожидания, — им пришлось рассчитывать только на свой организм в борьбе с аллергией. Те, кто трижды в течение четырех недель имели дело с акупунктурой, не знали, настоящая она или «поддельная».

По окончании курса лечения больные, которым делали настоящее иглоукалывание, чувствовали себя существенно лучше лишенных какого-либо вмешательства, но и те, кто испытал на себе действие ложной акупунктуры, почувствовали сходное улучшение. Возможно, во втором случае сработал эффект плацебо. Или же, хотя точки не соответствовали традиционным, физиологический ответ организма все-таки был и привел к терапевтическому эффекту. А может быть, положительные результаты принесли общение с врачами, настрой участников на улучшение самочувствия и так называемый хоторнский эффект (новизна и повышенный интерес к эксперименту могут приводить к искаженному, слишком благоприятному результату, поскольку его участники проявляют усердие, обычно им не свойственное). Так или иначе, эти данные требуют дальнейшей проверки. Как, впрочем, и результаты применения настоящей акупунктуры.

S. M. Choi et al. A multicenter, randomized, controlled trial testing the effects of acupuncture on allergic rhinitis. «Allergy», 2013, 68, 3, 365—374, doi: 10.1111/all.12053

Принято считать, что причины аллергии — наследственная предрасположенность плюс условия жизни и факторы внешней среды; последние-то и виноваты в эпидемическом росте числа аллергиков. Но вместе с тем среди ученых много приверженцев так называемой гигиенической теории, которая предлагает весьма неожиданный



взгляд на проблему. Впервые ее сформулировали в 70-х годах XX века: чем с большим количеством инфекций ребенок сталкивается до года, тем сильнее и правильнее будет его иммунитет и тем меньше вероятность, что его иммунная система начнет искать врагов на стороне. Иными словами, чем больше детей в семье, больше животных в доме и чем реже вы моете себе и ребенку руки, тем меньше у него потом риск стать аллергиком. По мнению многих исследователей, даже глисты и прием антибиотиков вносят свой положительный или отрицательный вклад в формирование иммунитета малыша. Похоже, потихоньку под гигиеническую теорию подбираются доказательства.

В мартовском номере журнала «Allergy» целых две публикации о пользе жизни грудных детей на ферме. В одной из них ученые из крупных медицинских и биохимических центров Марбурга и Мюнхена исследовали противоаллергенные свойства определенного штамма стафилококка из пыли, собранной на ферме. Они вызывали у лабораторных мышей аллергическое воспаление верхних дыхательных путей и смотрели, уменьшит ли этот штамм аллергическую реакцию. С трудом верится, но ответ был положительным, так что исследования, по-видимому, будут продолжены.

Авторы второй статьи в этом же номере журнала — сборная команда из институтов Германии, Франции, Швейцарии и Австрии — проводили исследование в рамках проекта «Защита от аллергии: исследования в сельской местности». Цель — выяснить, действительно ли при жизни на ферме у маленьких детей в возрасте до года происходят эпигенетические изменения в генах, ответственных за развитие аллергии, и могут ли эти изменения повлиять на развитие астмы. В первом исследовании участвовали 46 детей, у которых брали для анализа пуповинную кровь, полученную при рождении, и кровь в четыре-пять лет. Ученые смотрели, что происходит с 23 участками десяти генов-кандидатов. Метилирование некоторых участков различалось у «фермерских» и «нефермерских» детей с самого начала — два из них у первой группы были меньше метилированы, а два больше. Через пять лет были зафиксированы изменения в 15 участках генов, причем именно в тех, которые считают напрямую связанными с астмой.

Известно, что метилирование ДНК регулирует генную активность. В большинстве случаев оно приводит к ее подавлению, а деметилирование — к активации. При этом даже незначительные изменения в степени метилирования могут существенно изменять активность гена, а в данном случае — характер и развитие заболевания. Пилотное исследование подтвердило, что пребывание на ферме в раннем возрасте приводит к изменениям на генном уровне. В общем, надо признать честно: в гигиенической теории что-то есть, хоть она и несимпатична многим врачам. Не исключено, что через пару десятков лет они будут рекомендовать не кипятить грудничкам соску, которую утащила собака.

S. Hagner et al. Farm-derived Gram-positive bacterium *Staphylococcus sciuri* W620 prevents asthma phenotype in HDM- and OVA-exposed mice. «Allergy» 2013;68, 322–329. doi: 10.1111/all.12094

S. Michel et al. Farm exposure and time trends in early childhood may influence DNA methylation in genes related to asthma and allergy. «Allergy» 2013;68, 355–364, doi: 10.1111/all.12097

«Нельзя пюре такому маленькому! Овощи — аллергия, мясо тоже, про яйцо должна бы сама знать. Хочешь, чтобы ребенок стал аллергиком, как ты?! До полугода — грудь и только грудь!» Народное мнение стоит на том, что продолжительное грудное вскармливание защитит от аллергии, прикорм же, если его ввести слишком рано, может спровоцировать не только диатез, но и что-нибудь похуже. Польза грудного молока в доказательствах не нуждается, а вот с прикормом все не так просто.

Неожиданные результаты получили финские врачи и ученые в рамках проекта, который с середины 90-х годов наблюдает детей с врожденной предрасположенностью к диабету I типа. По просьбе ученых родители аккуратно отвечают на вопросы о питании детей (в будущем это поможет выбрать оптимальную стратегию предотвращения диабета). В том числе известно, когда каждый младенец впервые получил новую пищу. Для аллергологов эти данные — настоящая золотая жила.

Как выяснилось, только половина мам кормила детей исключительно грудью дольше 1,4 месяцев, только четверть — дольше 3,5, а четверть — менее 0,2 месяцев (по нашим меркам мало-вато). Коровье молоко 50% мам начинали давать в возрасте от двух недель до пяти месяцев, корнеплоды в три-четыре месяца, затем последовательно добавляли фрукты и ягоды, каши, мясо, рыбу и яйца. Тем же детям в пять лет делали анализ крови на иммуноглобулины E (IgE) — антитела против наиболее распространенных аллергенов, как вдыхаемых (домашняя пыль, кошки, пыльца тимотея и березы), так и компонентов пищи (молоко, яйца, рыба, пшеница). Появление в крови этих антител — тревожный звонок, предсказывающий возможное развитие аллергии. Полный комплект данных удалось собрать для 3674 детей. Сенсibilизацию минимум к одному пищевому аллергену обнаружили у 24%, минимум к одному летучему — у 26%. И как ни странно, это вовсе не те дети, которые получили прикорм раньше других.

Выводы мы переведем дословно: «Раннее введение прикорма может защитить от atopической сенсibilизации в детском возрасте, особенно детей из группы высокого риска. Пониженное разнообразие пищи в возрасте до трех месяцев может повышать риск atopической сенсibilизации». Овсянка до 5,1 месяца и ячменная кашка до 5,5 ассоциировались с меньшим риском реакции на яйцо и пшеницу, рыбное пюре до полугода и яйцо до 11 месяцев — с меньшим риском реакции на все виды аллергенов.

Авторы отмечают, что их результаты расходятся с некоторыми полученными ранее, но упоминают и недавние работы, которые приводят к сходным выводам. И конечно, это не значит, что двухмесячному младенцу можно давать рацион для шести месяцев — во всем нужна мера. Для особо недоверчивых читателей добавим, что в списке благодарностей авторы не упоминают производителей детского питания.

Introduction of complementary foods in infancy and atopical sensitization at the age of 5 years: timing and food diversity in a Finnish birth cohort. B.I.Nwaru et al. «Allergy», 2013, 68, 4, 507–516, doi: 10.1111/all.12118

Материал подготовили  
В. Благутина, Е. Сутоцкая, Е. Клещенко

# Sr

# Стронций: факты и фактики

	2	ЦИНК	ГАЛ
	<b>Sr</b>	38	
	87,62±1	28 18 8 2	29 18 8 4
	СТРОНЦИЙ	5s <sup>2</sup>	

**Откуда он взялся?** У элемента 38 в таблице Менделеева имеется четыре стабильных изотопа: <sup>88</sup>Sr (83% всех атомов), <sup>84</sup>Sr, <sup>86</sup>Sr и <sup>87</sup>Sr. При этом только три первых пришли из первичной туманности, сформировавшей планеты Солнечной системы. Изотоп <sup>87</sup>Sr имеет более сложное происхождение: часть его атомов появилась из <sup>87</sup>Rb, период полураспада которого — 48 млрд. лет. Из 29 радиоактивных изотопов наиболее значимы <sup>89</sup>Sr и <sup>90</sup>Sr, поскольку они получаются в ядерном реакторе при распаде урана и плутония. Первый изотоп живет недолго, период полураспада у него составляет 51 день, у второго — 28,78 лет.

**Как связано поступление радиоактивного стронция в окружающую среду с ядерной энергетикой?** Связано напрямую: цезий-137 и стронций-90 — наиболее массовые долгоживущие изотопы, попадающие в атмосферу, воду и почву как при взрыве атомной бомбы, так и при аварии на атомной станции. Самое сильное загрязнение этим элементом вызвали ядерные испытания в атмосфере, которые продолжались с 1945 по 1980 год: они дали 10<sup>20</sup> Бк <sup>89</sup>Sr и 10<sup>18</sup> Бк <sup>90</sup>Sr (один беккерель — один распад в секунду). Аварии дают в тысячи раз меньшие дозы. Так, в речку Теча на Южном Урале в результате работы комбината «Маяк» и аварии на нем в 1957 году попало 10<sup>15</sup> Бк <sup>90</sup>Sr. Чернобыльская катастрофа в 1986 году дала 10<sup>17</sup> Бк <sup>89</sup>Sr и 10<sup>16</sup> <sup>90</sup>Sr. Взрывы и утечки воды из станции в Фукусиме в 2011 году доставили только в Тихий океан 10<sup>15</sup> Бк <sup>90</sup>Sr. Иными словами, с начала атомной эры наша планета живет в условиях постоянного притока рукотворного радиоактивного стронция, периодичность же этих выбросов, сравнимая с периодом полураспада, обеспечивает его накопление в воде и почве.

Неизбежно атомы <sup>90</sup>Sr попадают в организмы живых существ, где могут оставаться на всю жизнь. О попадании радиоактивного стронция в организм человека можно судить, изучая эмаль молочных зубов. В частности, американские исследователи установили, что у младенцев, рожденных во время пика ядерных испытаний в атмосфере — 1964 год, — содержание <sup>90</sup>Sr в эмали зубов выросло в 55 раз по сравнению с младенцами 1949—1950 годов рождения: 7,4 и 408,1 мБк <sup>90</sup>Sr на грамм кальция. В 1969 году, после прекращения массовых взрывов в атмосфере, его содержание упало на 50% по сравнению с пиком. Затем до 1989 года наблюдалось дальнейшее снижение, и минимальное значение в 1986 году составило 109 мБк <sup>90</sup>Sr на грамм кальция — очень далеко от доядерного значения.

А потом, уже в 90-х годах, начался рост, и к концу XX века в эмали зубов новорожденных американцев было 162 мБк <sup>90</sup>Sr на грамм кальция. Поскольку в то время массовые ядерные испытания никто уже не проводил, а последствия Чернобыля сгладились за три года, причины роста не ясны. Есть мнение, что он связан с увеличением выработки электроэнергии на атомных станциях, из-за чего растет и загрязнение окружающей среды («The Science of the Total Environment», 2003, 317, 37—51; doi:10.1016/S0048-9697(03)00439-X). Мнение основано на том

факте, что в эмали зубов детей, рожденных в пределах 20-мильной зоны вокруг атомных станций, уровень <sup>90</sup>Sr в полтора-два раза превышает средние показатели по соответствующему штату. Если эта точка зрения верна, то радиоактивный стронций связан не только с авариями, но и с повседневной жизнью атомной энергетики.

**Почему содержание стронция измеряют относительно кальция?** Будучи щелочноземельным элементом, в организме он замещает кальций, именно степень такого замещения и оценивают. А поскольку кальций в организме сосредоточен в костях, то и стронций оказывается там же.

**Чем опасен радиоактивный стронций?** <sup>90</sup>Sr и <sup>89</sup>Sr излучают бета-электроны, которые проникают в окружающую ткань примерно на сантиметр. Кроме того, продуктом распада первого служит радиоактивный <sup>90</sup>Y — обладая периодом полураспада 64 часа, он вскоре испускает еще один бета-электрон и становится стабильным <sup>90</sup>Zr. В костной ткани оба изотопа стронция прежде всего представляют опасность для костного мозга — источника кровяных телец. Как следствие, при большой дозе облучения может развиваться лейкемия, а при средней — снижается иммунитет, появляются апатия и усталость. Именно такие симптомы наблюдались у жителей поселков в зоне загрязнения, созданной стоком опасных веществ с комбината «Маяк». Что происходит в организме при малом содержании радиоактивного стронция в костях, доподлинно неизвестно: спор о том, обладают ли малые дозы облучения стимулирующим или угнетающим эффектом и какие дозы следует считать малыми, далек от завершения.

Медики констатировали серьезное снижение здоровья населения страны в годы, последовавшие за Чернобыльской аварией, однако причиной считают резкое падение уровня жизни, вызванное радикальными экономическими преобразованиями. В пользу этой точки зрения можно отметить, что уровень здоровья падал по всей территории СССР, а не только в зонах, пострадавших от аварии. Однако менее известно, что с первых дней после аварии и в течение нескольких лет для спасения сельского хозяйства зерно, молоко и мясо из пострадавших районов смешивали с чистой продукцией, чтобы достичь безопасных уровней радиоактивного загрязнения, и распределяли по всей территории страны. Короткоживущий иод, пока молоко путешествовало на Дальний Восток, успевал распадаться, радиоактивный цезий, будучи аналогом калия, в организме долго не задерживается, стронций же неизбежно оказывался в костях и по-прежнему вызывает слабое внутреннее облучение у всех граждан страны соответствующего возраста. У тех, кто в то время были детьми, уровень должен быть несколько выше, поскольку в растущих костях стронций охотнее замещает атомы кальция.

В любом случае нельзя забывать, что ядерные испытания в атмосфере обеспечили такой общепланетарный уровень загрязнения радиоактивным стронцием, который еще долгие десятилетия будет в несколько раз выше, чем последствия всех аварий на атомных станциях. На Филиппинах и атомных

станций нет, и от мест аварий их отделяют многие тысячи километров, но в эмали зубов современных филиппинцев содержится 79 мБк  $^{90}\text{Sr}$  на грамм кальция, что в десять раз больше, нежели американский доядерный уровень. А облучение организмов землян в конце концов зависит от накопления стронция в продуктах питания.

**Как накапливается стронций в организмах?** Занимая двенадцатое место по распространенности в земной коре, стронций (как стабильный, так и радиоактивный) неизбежно присутствует и в почве, и в воде. Различия здесь могут быть велики: в литре канадской питьевой воды содержится 0,199—3,2 мг стронция, в норвежской — 0,0015—0,57 мг, а в немецкой бутилированной — 0,036—24,5 мг. Растения в среднем содержат 36 мкг стронция на грамм сухого веса, причем главным образом в подземной части. Что касается надземных частей, больше всего его в орехах (8,67 мкг), хлебе (3,7 мкг) и зелени (1,6 мкг). Морепродукты также обогащены стронцием: в грамме рыбы содержится 3,6 мкг этого элемента. В мясе животных и в молоке стронция совсем мало — менее 1 мкг на грамм. Зато в костях его много, причем содержание сильно зависит от диеты. Так, древние охотники-собиратели с побережья Алабамы питались моллюсками, и в их костях оказалось 460 мкг стронция на грамм кости, а у проживавших неподалеку на берегу Миссисипи земледельцев — 250 («Journal of Archaeological Science», 1981, 8, 4, 391—397). Вообще-то такое распределение нетипично, обычно стронция в костях охотников меньше, чем у земледельцев (в частности, по этому признаку археологи определяют рацион древних людей); но этот факт лишний раз свидетельствует о повышенном содержании стронция в мясе морских обитателей. Современный человек потребляет 1,5 мг стронция в день; при среднем весе 70 кг в его теле содержится 320 мг стронция.

**Накапливается ли стронций в грибах?** Грибы, в отличие от растений, могут проявлять себя как гиперкумуляторы металлов — их содержание в плодовом теле бывает в десятки раз больше, чем в почве. Поэтому в грибах может оказаться повышенное содержание радиоактивных элементов. Но не стронция: немногочисленные исследования не обнаружили ни в каких съедобных грибах концентрацию этого элемента, превышающую допустимые значения («Applied Microbiology and Biotechnology», 2013, 97, 2, 477—501; doi:10.1007/s00253-012-4552-8).

**Какую роль играет стронций в организме?** Он не принадлежит к числу жизненно важных элементов, однако играет значительную роль в регуляции синтеза костей. При небольшой дозе эта роль оказывается положительной — прочность костей растет. При большой же, если человек живет на земле, богатой стронцием, может развиться рахит и даже карликовость.

Участие стронция в биосинтезе костей обеспечило ему очень важное применение. Примерно в 1952 году было обнаружено, что лактат стронция способствует укреплению костей. Тогда на это сообщение никто внимания не обратил, поскольку у элемента была дурная репутация, и медики скорее пытались от него избавиться, чем создать на его основе лекарство. Но в XXI веке ситуация изменилась. Сначала на животных, а потом и в клинических испытаниях было доказано, что ранелат стронция — его соединение с органической ранеловой кислотой, хелатирующей ионы металлов, — повышает плотность костной ткани и ее прочность. Механизм действия ясен не до конца, но в качестве рабочей гипотезы принято, что стронций тормозит деятельность остеоцитов — клеток, разрушающих костную ткань, и ускоряет развитие остеобластов — клеток, ее производящих. Вообще-то в здоровом организме между ними существует баланс, обеспечивающий постоянное



обновление кости. Если же он нарушен, начинается остеопороз, столь осложняющий жизнь пожилым людям, особенно женщинам: раз начавшись, охрупчивание костей приводит в конце концов к неизбежной операции по замене тазобедренного сустава. Ежедневный прием одного-двух граммов ранелата стронция не только тормозит процесс, но и увеличивает костную массу. Более того, выращенная под влиянием стронция кость имеет несколько другую структуру и более прочна, что значительно снижает вероятность перелома. Прием препарата позволяет 75-летним женщинам, страдающим остеопорозом, сэкономить до 15,5 тысяч евро в год на медицинском обслуживании («Bone», 2010, 46, 2, 440—446). Успех с укреплением шейки бедра позволил повести широкое наступление на схожие болезни, и уже появились сообщения, что ранелат стронция замедляет разрушение хряща в коленном суставе. Нанесение покрытия, содержащего стронций, на титановый имплантат зуба также ускоряет образование вокруг него костной ткани и повышает ее прочность. Изучают реминерализацию эмали зубов при совместной их обработке стронцием и фтором.

**Как лечат радиоактивным стронцием?** При некоторых видах рака — простаты, груди, легких — возникают болезненные метастазы в костях. Поскольку стронций откладывается прежде всего в растущих частях кости, он оказывается рядом с новой опухолью. Если этот стронций будет радиоактивным, он убьет опухолевые клетки. Именно на таком принципе работает препарат на основе  $^{89}\text{Sr}$ .

**Как стронций применяют в технике?** Самое первое использование стронция — фейерверки и сигнальные ракеты: его соли окрашивают пламя в ярко-малиновый цвет. На основе его оксида делают глазурь для гончарных изделий, которая позволяет отказаться от использования свинцовой глазури. Поскольку стронций неплохо поглощает рентгеновские лучи, до недавнего времени его в основном применяли для изготовления стекла мониторов с электронно-лучевой трубкой. Теперь, из-за пришедших им на смену жидкокристаллических дисплеев, такое стекло уже не нужно. Зато нужны ферриты с оксидом стронция для небольших электромагнитов — тех самых, которые стоят и в маленьких электродвигателях постоянного тока, например для дворников автомобиля, и в громкоговорителях, и в игрушках. Титанат стронция — уникальный оптический материал, показатель преломления которого и, следовательно, дисперсия света выше, чем у алмаза.

Ну а долгоживущий радиоактивный  $^{90}\text{Sr}$  служит источником электроэнергии для космических кораблей, метеорологических станций и навигационных буев.

**А. Мотыляев**

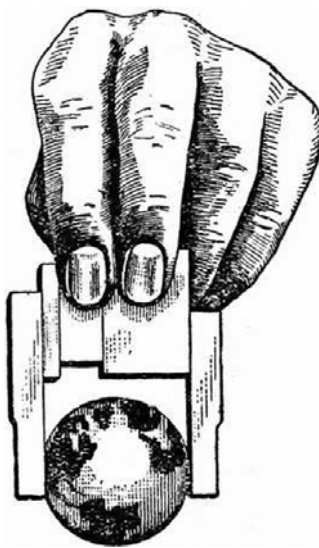
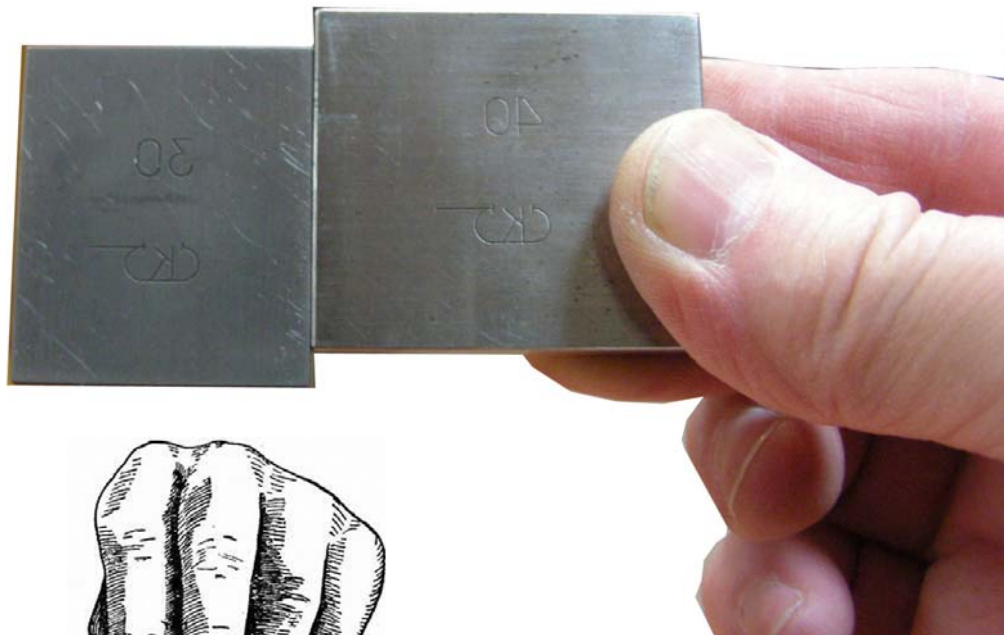
# Плитки Иогансона: загадке больше века

Доктор технических наук  
**Л.Хатуль**

Жил да был в далекой Швеции инженер Карл Эдвард Йоханссон, и придумал он в далеком 1896 году... нет, не с того мы начинаем.

В технике есть несколько фундаментальных принципов, понятий, методов — называть можно по-разному. Например — чертеж: любую вещь должно быть можно начертить, причем так, чтобы ее возможно было сделать и чтобы она оказалась такой же... такой же с необходимой точностью. Или вот — технологическая инструкция: для любого процесса должно быть описание, причем составленное так, чтобы его можно было повторить и чтобы он дал такой же, с необходимой точностью, результат. И любой параметр должно быть можно измерить... опять же — с необходимой точностью. Измерениями и точностями занимается наука и техника метрология (ее часто для краткости называют просто наукой, обижая при этом технику). Метрологи измеряют все на свете, иногда даже то, чему пока нет общепринятого названия. К счастью, у длины, ширины, высоты, глубины, зазора, диаметра и так далее, то есть у линейных размеров, — названия уже есть.

И когда первобытные люди налаживали первое серийное производство еще не нано, но уже вполне каменных топоров на деревянных ручках и применяли инновационную технологию разделения труда, то им потребовалось измерять диаметры ручек и отверстий в камнях. Вот так мы с тех пор и ходим по земле со штангенциркулями, калибрами, измерительными скобами и всем остальным, что потребно для измерения линейных размеров. Но и сам измерительный инструмент надо время от времени проверять. Для этого хорошо бы иметь что-то известного очень точно размера. Причем сам этот размер может быть каким угодно. Например, хочется нам измерять с шагом 0,1 мм размеры от 0,1 мм до 1000 мм. Извольте — вот вам 10 000 пластинок: 0,1 — 0,2 — 0,3... 999,9 — 1000. При сечении пластинок



1 см<sup>2</sup> весить такой комплект будет 360 кг. Можно, конечно, с грохотом возить его на телеге, но можно обойтись значительно меньшим количеством пластинок; сообразите сами, каково их минимальное число. Иогансон сделал набор не из минимального количества, у него был свой резон, но главная прелесть решения состояла не в этом. А в том, что две пластинки, если их плотно прижать друг к другу и слегка сдвинуть одну по другой, «притереть», как принято говорить в технике, — слипались. На фото показаны две «плитки Иогансона» в 30 и 40 мм, которые держит автор этой статьи, преподающий несчастным студентам, в частности, как раз метрологию.

О создателе этих плиток и истории создания вы легко найдете информацию в Интернете. Просто спросите Гугла «плитки Иогансона» или «gauge Johansson». Карл Эдвард прекрасно понимал, какую замечательную вещь он придумал, запатентовал и монопольно выпускает. Чего стоит одна эмблема его фирмы:

Делал он их, понятно, из стали. Нынче выпускают и стальные, и из карбида

вольфрама, и из керамики. У всех материалов свои преимущества: стальные дешевле, карбид вольфрамовые меньше истираются при использовании, а у керамических меньше тепловое расширение.

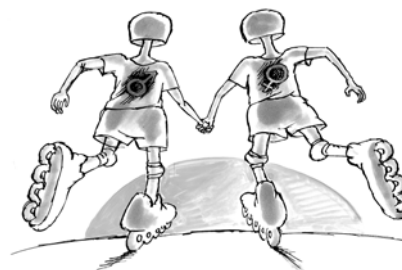
Но вот что интересно: за все эти годы как-то никто и не разобрался, почему они слипаются. В основном произносятся слова про ван-дер-ваальсовы силы и про поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение может удерживать на воде водомерку и иголку, но не стограммовую железку на весу, а для того, чтобы «заработало» межмолекулярное притяжение, поверхности должны сблизиться на расстояния порядка межатомных. При самом высоком классе полировки шероховатость больше на два порядка. В зарубежных источниках правда упоминается атмосферное давление, но лишь как один из факторов, и не главный.

Атмосферное давление составляет вполне серьезную величину — 1 кг/см<sup>2</sup> (9,8 н/см<sup>2</sup>). Почему оно не перемещает компьютерный монитор по столу? Потому что оно давит на него и справа и слева. Оно же прижимает его к столу. Почему оно не мешает оторвать его от стола? Потому что оно давит на него и снизу! Чтобы атмосфера не давила с какой-то стороны, ее там не должно быть. Иногда говорят, что подводную лодку может «присосать» к дну. Это образное описание эффекта, возникающего при таких характеристиках грунта, что корпус плотно прилегает к нему, вода снизу вытесняется, а давление сверху остается (в воде на глубине 10 м уже 10 тонн/м<sup>2</sup>).

## О подписке

Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции.

Стоимость подписки на первое полугодие 2013 года с доставкой по РФ — 780 рублей, при получении в редакции — 540 рублей. Об электронных платежах см. [www.hij.ru](http://www.hij.ru).



## Об архиве



Архив «Химии и жизни» за 45 лет — это более 50 000 страниц, рассказывающих о науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков. Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

### Реквизиты:

Получатель платежа:  
АНО Центр «НаукаПресс»,  
ИНН/КПП 7701325151/770101001  
Банк: АКБ «РосЕвроБанк»  
(ОАО) г.Москва,  
Номер счета:  
№ 40703810801000070802,  
к/с 30101810800000000777,  
БИК 044585777  
Назначение платежа:  
подписка на журнал  
«Химия и жизнь—XXI век»



### РАССЛЕДОВАНИЕ

казалось бы, все равно должно быть атмосферное давление. Например, в воде на глубине 10 м или в ртути на глубине 760 мм давление не 1 атм, а 2 атм — школьники об этом часто забывают. И не когда ныряют, а, к сожалению, на экзамене. Но тут и приходит на помощь поверхностное натяжение, то самое, которое поднимает жидкость в капиллярах. Раз жидкость в капилляре оказывается выше исходного уровня — значит, давление в ней уменьшается. Высота поднятия обратно пропорциональна зазору, и, когда он уменьшается до единиц микрон, давление в жидкости становится существенно меньше атмосферного. Вода в микрозазоре между плитками ведет себя, по-видимому, как в капилляре — то есть тоже образует мениск, под которым понижено давление.

Плитки Иогансона (в эпоху борьбы с «низкопоклонством перед Западом» их переименовали в «концевые меры») прижимает друг к другу именно атмосферное давление, а ничтожного количества влаги (и, возможно, масла), всегда имеющегося на поверхности, оказывается достаточно, чтобы не пустить в щель атмосферу. А если качество поверхностей немного хуже, на них приходится подышать — понятно зачем?

Но этим дело не кончается, это только первый слой задачи. Атмосферное давление на вертикальные поверхности действует горизонтально, а гравитация — как обычно, вертикально. Поэтому, чтобы удержать плитку от падения, нужен коэффициент трения — сухого трения. Вот тут школьники и зависают — им же сказали, что там вода! Дело в том, что в школе и вузе трение бывает только или сухое, или по жидкой смазке. Машина по мокрой мостовой — это есть на улице, но этого нет в ЕГЭ. На самом деле реализуется смешанное трение — когда едет машина, вода успевает (хорошо, если успевает) выдавиться из зоны контакта, а когда мы «притираем» плитки, мы как раз и выдавливаем воду с некоторых участков. На которых реализуется непосредственный контакт плиток и то самое сухое трение.

Однако и это еще не все. Вода или иная жидкость, заполняющая зазор, контактирует с атмосферой и в ней,

Итак, чтобы происходило то, что вы видите на фото, нужно соблюдение трех условий. Неплоскостность поверхностей должна быть не более единиц микрометров — чтобы не было больших зазоров, в которых вода, если и будет присутствовать, не сможет защитить плитки от атмосферного давления. Должно оказаться на поверхности требуемое — ничтожное! — количество влаги и, возможно, масла — кстати, в реальной жизни протирка бензином вовсе не счищает монослой. Наконец, плитки должны быть отполированы так, чтобы при прижатии с силой в несколько килограмм (притирании) образовалась зона непосредственного контакта. На ней, между прочим, могут позволить себе начать действовать и ван-дерваальсовы силы, хотя атмосферное давление и будет превосходить их на один-два порядка.

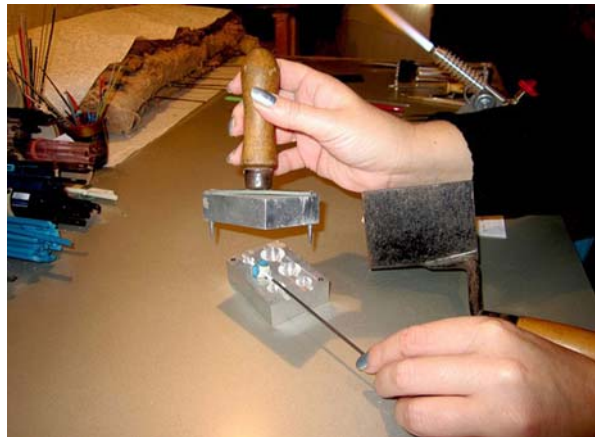
И в заключение (см. фото слева) — вот сам изобретатель с довольным и скептическим выражением лица получает звание почетного доктора наук в колледже Густава Адольфа, что в Миннесоте, США (1932). На фото справа — Карл Эдвард, его Маргарета и четверо их детишек, слева направо: Эльза, Сигне, Эдвард и Гертруда (1930).



# Игра стеклянных бус

М.Демина

Какие ассоциации вызывает слово «стекло»? Высокие, тонкие стаканы для коктейлей, дорогие хрустальные бокалы, бутылки — прозрачные для минеральной воды и темные винные? Огромные листы простого оконного стекла? (Как ловко и красиво управляются с ними мастера-стеклольщики!) Небоскребы из стекла и бетона, триплекс, который, разбиваясь, разлетается на мелкие кусочки без острых краев, или жаропрочная посуда из термостойкого пирекса? Стекло специальное — слекловолокно, кварцевое стекло, светотехническое, оптическое? Наверное, в самую последнюю очередь вспомнятся стеклярус и бисер, пуговицы, искусственный жемчуг и стразы, имитации драгоценных камней. А ведь именно с бижутерии — цветных бус, браслетов и подвесок начиналась история стекла на Земле.



Пресс или штамп, в котором формируется бусина

## В начале были бусы

Самое древнее стекло — это небольшая бусинка, найденная при раскопках в Египетских Фивах, — датируется XXI веком до н. э. Египтяне, провозжая человека в мир иной, старались предвосхитить все его потребности и желания в загробной жизни: чего только не находят в захоронениях фараонов и знати! По ним можно отследить многие технические достижения древних цивилизаций. Находят и украшения — из золота, драгоценных камней и... цветного стекла. В гробнице Тутанхамона, например, стеклянных изделий было много, и среди них — подарок археологам — бесцветное прозрачное стеклышко, по-видимому, одно из первых, сделанных человеком. Изделия из стекла были предметами роскоши: такая посуда стоила наравне с золотой, и были времена, когда знать Древнего Египта пила и ела из стеклянных чашек и мисок. Особенно высоко ценилось прозрачное бесцветное стекло, хотя совсем бесцветным его назвать нельзя. Все стекла древних имели выраженный зелено-коричневый оттенок. Идеально прозрачное бесцветное стекло было получено только в XV веке в Венеции.

Древнее стекло мало похоже на современное. Оно представляет собой плохо сплавленную смесь песка, соды, поваренной соли, поташа и металлических оксидов. Естественные примеси песка, например соединения железа, придают стеклу цвет — или теплый желто-красный, или сине-зеленый. Анализ украшений из гробницы Тутанхамона показал, что древние египтяне использовали для окрашивания стекла медь, марганец, кобальт, свинец, олово и сурьму. Из-за недостаточной сплав-

ленности его прочность была невелика.

Основная составляющая песка — кремнезем — плавится при высокой температуре, которой в древности достичь было невозможно. Добавки в виде оксида натрия, извести, глинозема ее значительно уменьшают. Египтянам повезло: местный песок содержит сравнительно мало кремнезема, а вот соединений натрия в нем много. Поэтому его можно плавить при относительно невысокой температуре. Подготовленную, хорошо перемешанную смесь нагревали в глиняных тиглях, пока не образовывалась густая, вязкая однородная масса. Не давая ей остыть, разливали по фигурным формочкам. Так получались чашечки, кувшинчики и флакончики, в которых хранили дорогие благовония. Чтобы сделать бусы, в расплавленное стекло вставляли металлическую спицу и вытягивали ею тонкую стеклянную нить. Она, слегка провисая, держалась прочно, так как стекло буквально прилипало к металлу. Ее накручивали на медную проволоку и обламывали после каждого витка. Затем проволоку вынимали и вручную обрабатывали каждую бусинку. Это и есть бисер — мелкие и крупные, круглые и овальные, граненые и приплюснутые бусинки с отверстиями для продевания нитки. Слово «бисер», возможно, происходит от арабского «бусер», что значит «фальшивый жемчуг». Так назывались украшения из молочного цвета непрозрачного стекла, напоминавшие жемчужины. Стеклярус — это тот же бисер, только не округлые бусинки, а трубочки разного размера.

Метод выдувания стекла появился примерно в XVI веке до н. э. Об этом

свидетельствуют изображения, обнаруженные при раскопках древних египетских городов: мастера-стеклодувы и их работы — сосуды разных форм, от простых и грубых до вычурно сложных. Древние римляне первыми сделали листовое стекло. Сначала выдували из расплавленного стекла длинные стеклянные цилиндры. Затем раскатывали их, «раскрывали», добываясь относительно плоской поверхности. Именно так получали оконное стекло вплоть до конца XIX века. И бисер начали делать из тонких трубок-цилиндров, которые мастера выдували «на глазок». Специальными ножницами нарезали бусины. Их обрабатывали уже не поштучно, а все сразу: шлифовали в медленно вращающемся барабане, заполненном смесью толченого угля с известью или огнеупорной глиной. Затем бисер с небольшим количеством песка при постоянном вращении в тех же барабанах нагревали до размягчения поверхности. При этом бусинки выравнивались, скруглялись, а песок, забивавшийся в отверстия, не давал им заплывать. На последней стадии бисер полировали, и он обретал первоначальный стеклянный блеск.

## «Так в бисере Стекло, подобая жемчугу...»

Начиная с XII века центром мирового стеклоделия стала Венеция — одна из сильнейших морских держав Средиземноморья. На острове Мурано в Венецианской лагуне располагались стеклодувные производства. Венецианское цветное прозрачное стекло, зеркала, мозаики, великолепные по исполнению, обладали высокой ху-



Керамическое одеяло,  
под которым бусина остывает



дожественной ценностью. Самым дорогим было эмалированное позолоченное стекло — расписанные эмалью и золотом женские украшения, чаши и вазы. На стекло алмазом наносили гравировку, покрывали золотой и серебряной фольгой, вплавляли тонкие, скрученные спиралью, стеклянные жемчужины молочно-белого цвета. Их выплавляли отдельно с добавлением оксида олова. Такое стекло называется филигранным. Если две пластины наложить друг на друга и сплавить, получится сетчатое стекло — с рисунком, напоминающим затейливо повторяющиеся ячейки сетки. Из нескольких цветных прозрачных стекол выплавляли стекло с узором, имитирующим натуральные камни, например агат, яшму или халцедон. По виду отличить его от природного минерала невозможно.

Особый интерес представляет мерцающее авантюриновое стекло, изобретение которого приписывают мастерам династии Миотти XVIII века. В гладко отполированном желто-коричневом стекле мягко светятся блестящие точки. Этот неповторимый эффект достигается добавлением в стекломассу меди, которая частично кристаллизуется. Не имеет аналогов муранское мозаичное стекло: в стеклянную прозрачную массу вводят небольшие симметричные фигурки — кружки, квадратики, звездочки. Их получают, нарезая поперек длинный уже остывший стеклянный стержень, сплавленный из разноцветных стеклянных нитей.

Муранская посуда из молочно-белого стекла в свое время конкурировала с фарфором, не уступая ему по качеству. Сейчас коллекционеры называют ее

поддельным фарфором, что ничуть не умаляет ее ценности — каждая такая чашечка стоит дороже, чем современная ей фарфоровая.

Фантазии муранских стекольных дел мастеров не было предела. Ими придуманы многочисленные техники выдувания стекла и приемы декорирования, актуальные и сегодня. Они знали, как покрыть изделие узором из мелких декоративных трещин, не проникающих в толщу стекла, как создать эффект пузырьков воздуха, умели осветлять стекло, экспериментировали с металлическими оксидами и оставили нам множество рецептов цветных стекол. Секреты производства охранялись как государственная тайна, вывоз стеклянного сырья с острова был запрещен. Более того, предприимчивые венецианцы скупали по миру битое стекло за небольшую плату. Мастерам-стеклодувам запрещалось покидать Венецию. Нарушения карались смертью, а членов семьи изменника сажали в тюрьму. В то же время особо отличившимся предоставлялись всяческие привилегии, например их дочери имели право выходить замуж за патрициев.

Самой доходной статьей венецианского экспорта стекла был конечно же бисер. «Круглые всяких разных колеров стеклянные бисеры, кроме Венеции, нигде не делаются», — докладывали российскому императору Петру I, пожелавшему развить стеклоделие в России. Он пригласил на работу европейских мастеров, а русских посылал учиться за границу, отменил пошлины на изделия из стекла. К сожалению, с его смертью дело почти заглохло. М.В. Ломоносов, добивавшийся открытия стеклянного

производства, писал царице Елизавете Петровне, что бисер «еще и поныне в России не делают, но привозят из-за моря великое множество ценою на многие тысячи». Пытаясь убедить ее, он написал поэтическое «Письмо о пользе Стекла», в котором вспомнил даже аборигенов Африки и Америки, охотно отдававших за яркие блестящие стеклянные бусы золотые и серебряные слитки, меха и пряности:

В Америке живут, мы чаем, простак,  
Что там драгой металл из сребреной реки  
Дают европейскому купечеству охотно  
И бисеру берут количество несчетно...

В 1752 году профессор Ломоносов наконец получил «высочайшее позволение завести фабрику для отделявания разноцветных стекол, бисера, стекляруса и других галантерейных вещей с привилегией на 30 лет». Среди прочей галантерейной мелочи числилась любимая им «мусия», или смальта для мозаичных работ, — стеклянные разноцветные кубики с ребром порядка одного сантиметра. Ее закрепляли на известковой штукатурке. В технике мозаики Ломоносов собственноручно создал несколько картин, самые знаменитые из них — «Полтавская баталия» и «Портрет Петра I». Почти в это же время купец Василий Мальцов «устроил стеклянный завод для выработки хрустальной и стеклянной посуды, зеркального, каретного и оконного стекла». К концу царствования Елизаветы в России работало уже шесть крупных стекольных производств.

Отечественный бисер, может быть, и уступал венецианскому по качеству, но он стал доступным и относительно дешевым. Бисер не только носили в виде бус и браслетов, но и расшивали им одежду, обувь, сумки, кошельки, обложки для книг, всевозможные коробочки и футляры. Бисером и стеклярусом украшали предметы интерьера, вышивали иконы, картины и гобелены. Всемирно известен «преизрядный» стеклярусный кабинет в Китайском дворце Ораниенбаума под Санкт-Петербургом. Стены его украшены расшитыми стеклярусом и



## ДРУГИЕ ВЕЩИ

шелком панно с позолоченными обрамлениями в виде стволов деревьев. Первоначально и пол в кабинете был стеклянным, набранным из смальты, но в середине XIX века его покрыли паркетом, сохранив прежний рисунок. И стекларус, и смальта были произведены на ломоносовской фабрике.

## Твердая жидкость

Что такое стекло с точки зрения химии? Аморфный синтетический материал неорганического происхождения. Его уникальная природа стала понятна лишь в XX веке, благодаря исследованиям молекулярной структуры. Кремнезем, или диоксид кремния, — главная составляющая стекла — плавится при высоких температурах, не ниже 1700°C. Кристаллическая решетка кремнезема постепенно разрушается, и он превращается в тягучую, вязкую жидкость. А при охлаждении расплава вязкость увеличивается: если при температуре 1400°C она в 13 000 раз больше, чем у воды, то при 1000°C — в два миллиона. При температурах ниже 1000°C расплав становится, как говорят, бесконечно вязкой жидкостью.

Особенность кремнезема в том, что у него нет определенной точки плавления, нет резкого перехода от твердого состояния к жидкому и наоборот. Он медленно плавится, оставаясь твердым, при значительном изменении температуры. Поэтому расплав кремнезема можно переохладить, то есть охладить ниже точки кристаллизации. При этом кристаллическая решетка не восстанавливается. Молекулы остаются хаотически разбросанными по всему объему, как в любой жидкости. Но если в жидкости они свободно перемещаются, здесь молекулы двигаться не могут. Кремнезем теряет способность кристаллизовываться и, затвердевая, остается жидкообразным по структуре.

Из чистого кремнезема состоит кварцевое стекло. Плавится оно при самых высоких температурах. Этим объясняется его необыкновенная термическая стойкость. Оно может выдержать, не

повреждаясь, значительные перепады температур.

Для понижения температуры плавления стекла, увеличения химической стойкости, прозрачности служат разные добавки. Например, сода позволяет расплавить кремнезем уже при 1000°C. И все же температуру приходится повышать хотя бы до 1400°C, чтобы уменьшить вязкость расплава и дать возможность воздушным пузырькам его покинуть. Если этого не сделать, они могут разорвать готовое стекло. Оксиды натрия, глинозем, известь в той или иной степени способствуют снижению температуры плавления. Углекислый калий увеличивает прозрачность стекла, металлические оксиды сообщают ему цвет.

Простое стекло — силикат состава  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$  — получают сплавлением шихты, состоящей из кремнезема, соды, известняка при температуре порядка 1500°C. Горячую стекломассу медленно охлаждают. Добавлением в шихту оксидов металлов можно получить практически любой оттенок цвета. Оксиды меди и кобальта окрашивают стекло в синие тона, хрома — в зеленые, никеля — в желтые и серо-коричневые, марганца — в пурпурно-фиолетовые. Коллоидные растворы меди и золота придают стеклу необыкновенно красивый красный цвет, неотличимый от драгоценного рубина. Их так и называют — «медный рубин» и «золотой рубин». Чтобы сделать стекло молочного цвета — глушеное, — добавляют шпаты, полевой или плавиковый. Большое количество оксида свинца (до 18%) придает стеклу способность сильно преломлять свет; это хрусталь и хрустальное стекло. Термостойкий пирекс — боросиликатное стекло, содержащее оксид бора.

## Из огня да под одеяло

Давайте попробуем повторить путь древних и сделаем своими руками цветную бусину. Нет, мы не будем составлять шихту и выдувать стекло. В домашних условиях это не получится. Для поделочных декоративных работ стекло можно купить в специализированных магазинах. Но все остальные стадии процесса вполне по силам взрослому человеку даже без подготовки. Готовое стекло мы будем плавить на газовой горелке и придавать ему форму, используя особую технику, для которой в русском языке пока нет устоявшегося названия. Иногда говорят лэмпворк (lampwork — работа с лампой), иногда флеймворк (flamework — работа в пламени).

Стекло для художественных работ продается в виде цветных или прозрач-



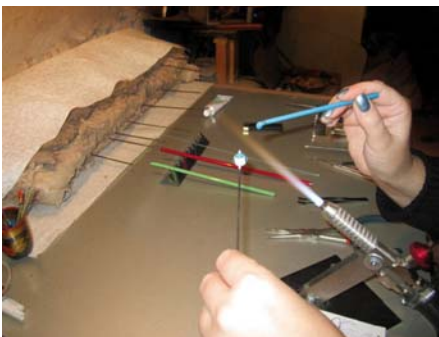
ных стержней — стеклотротов — длиной около 30 см и диаметром поперечного сечения не более 1 см, а также тонких струн диаметром 2—3 мм. Можно работать с дихростеклом — пластинками, толщина которых не превышает 1 мм. На стекле всегда есть маркировка. Главный параметр для нас — коэффициент расширения COE (Coefficient of Expansion). В одной поделке нужно использовать образцы стекла с одинаковым COE, чтобы избежать трещин. Можно сразу купить и фурнитуру. Для сережек, браслетов и бус понадобятся штифты и кримпы — держатели бусин, разделительные шарики, проволочные колечки, ювелирные шнуры, лески и тросики (на них собирают бусы и браслеты), петли, замки и крючки, а также швензы и гвоздики (часть сережки, которая вставляется в ухо). Всегда пригодятся подковыки-трубочки, которые защищают шнуры от перетирания.

К выбору газовой горелки следует подойти ответственно. Для начинающих самая удобная — пропановая горелка с рабочей температурой 800°C и достаточно широким шлейфом пламени. Для боросиликатного стекла потребуются кислородно-пропановая горелка, рабочая температура которой значительно выше — 1200°C. Закрепить горелку нужно так, чтобы ее пламя было направлено строго в сторону от работающего человека.

Давайте включим горелку и понаблюдаем за пламенем. Его шлейф условно можно разделить на три неравные области. На выходе горелки пламя светится голубым цветом. Постепенно оно становится красно-оранжевым, затем светлеет. Средняя часть пламени называется рабочей зоной. Температура здесь самая высокая. В верхней части, где температура ниже, мы будем охлаждать поверхность бусины, чтобы она чуть-чуть твердела, но не остывала.

Если готовую раскаленную бусину извлечь из пламени, она треснет от резкого перепада температуры — термического удара. Ведь примерно 25°C в вашей мастерской покажутся ей космическим холодом после жара горелки. Процесс остывания и закалки стекла называется отжигом, и происходить он должен или в муфельной печи,

*Бусина в огне газовой горелки*





ДРУГИЕ ВЕЩИ



или под керамическим одеялом. Не более пяти секунд выдержит огненная бусина на воздухе. Этого времени как раз хватит, чтобы укутать ее сверху и снизу специальным материалом, похожим на стекловату, — керамическим одеялом. Снимать его надо после полного остывания стекла. Более удобны муфельные печи, имеющие камеры для отжига бусин. Температуру можно регулировать, какое-то время, если нужно, поддерживать ее постоянной. При равномерном остывании в стекле не создаются внутренние пространственные напряжения, так что вероятность трещин минимальна.

Расплавленное стекло наматывают на мандрель — тонкую металлическую спицу диаметром 1—5 мм. Каков ее диаметр, таким будет и отверстие будущей бусины. Если она не прямая, а изогнутая, таким же фигурным будет и отверстие. Мандрель, состоящая из двух спиц, похожая на музыкальный камертон, используется, если нужна бусина с двумя дырочками, как у пуговицы. Бывают четвертные мандрели, а

также с отверстиями для полых бусин с поддувом.

Форму горячей бусине придают стальной или графитовой лопаткой, пинцетом, шилом, штампом, прессом или роллером. Все инструменты — продолжение ваших рук — должны выдерживать высокую температуру. На графитовой лопатке — пластине из графита с удобной ручкой — прокатывают горячие бусины, ею прижимают и выравнивают края. К графиту ничего не прилипает, и это его главное достоинство. Штамп представляет собой две отдельные латунные пластинки, в каждой из которых есть углубление определенной формы для бусины и прорезь для мандрели. Верхняя пластинка имеет ручку и похожа на старинную печать. Штампом можно нанести на бусину надпись и гравировку. Пресс состоит из параллельных пластин — для ровных плоских поверхностей или пластин, стоящих под углом друг к другу. Они бывают с рельефом или без него. Роллером выравнивают бусину, придают ей симметричную форму.

Чтобы горячее стекло не прилипало к металлу мандрели, их изолируют друг от друга. Для этого мандрель покрывают особым составом, сепаратором, и тогда остывшая бусина легко снимается. Сепаратор — это жаропрочная, быстросохнущая белая глина с некоторыми добавками, например цветными пигментами. Перед началом работы его разводят проточной водой до консистенции жидкого теста и обмазывают им спицу в том месте, где будет формироваться бусина.

### Колючее, стрелочное, горючее

Стекло коварно и капризно. Оно не прощает небрежности и невнимания к себе. Чуть отвлекся, и пожалуйста, стеклянная заноза тут как тут. Вытаскивать ее надо так: распарить кожу, например, с содой и аккуратно подцепить иголкой

острый край стеклышка. В вашей мастерской не должно быть стеклянной пыли и сепараторной крошки. Регулярно вытирайте рабочие поверхности мокрыми салфетками.

Даже если вы абсолютно уверены, что бусина остыла, не трогайте ее голыми руками, только в плотных тканевых перчатках. Посчитайте потом, сколько перчаток вы спалили, а ведь вместо них могли быть ваши пальцы. Коробку бактерицидного пластыря и мазь от ожогов положите на видное место. К сожалению, пригодятся.

Снимать готовую бусину с мандрели легче всего в ванночке с водой. Размокший сепаратор хорошо отойдет, и не придется дышать вредной пылью.

При работе с горелкой надо неукоснительно соблюдать правила безопасности — стекло умеет «стрелять», особенно новые стержни, еще не бывшие в употреблении. Поэтому никогда не работайте без профессиональных очков или экрана, полностью закрывающего лицо. Они защитят глаза и от ультрафиолетового, и от инфракрасного излучений. Рабочий дресс-код обязателен: никаких свисающих рукавов, шарфиков и бантиков. Одежду надевайте удобную, из плотной, лучше натуральной ткани. То же относится и к обуви: кто знает, может быть, придется быстро покидать помещение. Мастерская должна быть оборудована исправной вытяжкой и вентиляцией, чтобы воздух в помещении полностью обновлялся каждые 10—15 минут. Старайтесь чаще открывать форточку или окно. Под рукой держите зажим — вдруг произойдет перебой в подаче газа. И самое главное, огнетушитель — на всякий пожарный случай.

### От бусинки к бусинке

Давайте посмотрим, как в огне рождается стеклянная бусина. Включаем горелку. Она тихонько шипит в ожидании работы. Разводим сепаратор и наносим



его на мандрель. Берем ее в левую руку (если вы не левша), в правую стеклянный стержень и секунд десять греем его кончик. На нем начинает набухать капля. Чтобы она вдруг не слетела, стержень слегка поворачиваем, как бутылку, из которой наливают вино и не хотят пролить его на скатерть. Вносим в пламя горелки мандрель. Когда она начнет светиться красным цветом, подносим к ней стеклянный стержень с уже готовой мягкой каплей на кончике и касаемся ею мандрели. Угол наклона стержня должен быть не меньше  $45^\circ$ . Начинаем медленно поворачивать ее вокруг своей оси. Расплавленное стекло растекается и накручивается на мандрель. За два-три поворота бусина наберет массу. Если вдруг дрогнет рука или сепаратор отвалится прежде, чем на него ляжет стекло, придется начать все сначала. Бусина должна находиться в рабочей зоне горелки и не смещаться к соплу. Вы этого можете и не заметить, но обязательно услышите: звук горелки изменится и вместо мягкого умиротворенного шипения послышится неприятный треск. Наконец, убираем стеклянный стержень на подставку, а мандрель продолжаем медленно, без толчков вращать. Стекло под действием гравитации будет равномерно растекаться. Результат работы — ровный шарик или бублик, в зависимости от размера основания бусины. Выключаем горелку, не более трех секунд держим бусину на воздухе — за это время должно пропасть красное свечение — и убираем ее на отжиг в печь или под керамическое одеяло.

Что будем делать с готовой бусиной? Давайте украсим ее цветными точками или полосками. Для этого нам потребуется тонкая стеклянная струна. Помещаем бусину на мандрели в верхнюю часть шлейфа пламени и разогреваем, медленно вращая, не допуская деформации. Поверхность бусины должна нагреться, но не размягчиться. Хорошо разогреваем рисующую струну. Ее горячий кончик прижимаем

*Коллекция готовых бусин*





к поверхности бусины, смещаем в рабочую зону пламени и быстро снимаем — на бусине останется цветная точка. Кончиком струны, как кистью, можно нарисовать цветные линии. Рисовать надо, несильно надавливая на струну, так, чтобы она не сломалась, а рисунок углубился, вплавился в бусину, иначе при охлаждении он может отвалиться. Струна тонкая, она расходуеться быстро, поэтому нужно успевать вовремя передвигать пальцы (где у нас мазь от ожогов?). Рисунок на остывшей бусине будет выступать над поверхностью. При желании его можно утопить внутрь повторным нагреванием, и бусина станет гладкой. Или поместить в штамп, а затем отполировать. Ненужные выступы легко убираются небольшим нагревом.

Давайте украсим бусину фритом — разноцветным толченым стеклом. Горячую бусину погружаем во фрит, насыпанный, например, в металлическую столовую ложку. Затем нагреваем. Фрит расплавляется, и на поверхности появляются вкрапления, особенно эффектно выглядящие при удачно подобранных цветовых оттенках.

Научившись делать простую бусину, попробуем сделать полую. Для этого на мандрели с сепаратором формируем две тонкие бусинки в виде дисков. Расстояние между ними будет равно размеру будущей бусины. Стеклянным стержнем наращиваем каждый диск, постоянно вращая мандрель в рабочей зоне горелки. Затем постепенно наклоняем диски друг к другу, пока они не соединятся внешними краями. Эту работу исполняем в верхней зоне горелки. Можно работать только с одним диском: сгибать его, пока он не накроет собой, как куполом, второй ровный диск. Если стекла для соединения дисков не хватает, нужно добавить еще один-два витка. Достаточно, чтобы диски соединились



в трех-четырех точках. Шов промажьте горячим стеклянным кончиком стержня. Сильно нагревать поверхность бусины не надо, только самые краешки, места защипов должны быть горячими. Когда не останется ни одной дырочки, переводим бусину в рабочую зону горелки и начинаем медленно вращать. Поверхность выравнивается, бусина становится симметричной. Убираем ее из огня, не переставая вращать, и кладем на отжиг. Останется только снять с мандрели бусину и вымыть из нее струей воды остатки сепаратной крошки.

Готовую бусину можно покрыть прозрачным стеклом и декорировать серебряной фольгой. Для этого горячую бусину покатаем по фольге, плотно прижимая, и нанесем слой прозрачного стекла в верхней части пламени. Если бусина перегреется, фольга приобретет некрасивый желтый цвет.

Окунем горячую бусину в порошок пищевой соды и снова нагреем. Она станет матовой, а на поверхности появятся микроскопические сколы-щербинки. Теперь покроем ее слоем прозрачного стекла. Будет казаться, что внутри бусины застыли пузырьки газа, как в бокале с шампанским.

Бусину можно сделать в виде бублика, шарика, сердечка, цветка, закрученной спирали, бочонка, кубика, пуговицы, таблетки, конуса. Когда их наберется достаточное количество, соберем браслет или настоящие бусы. А самая красивая бусина станет основой кулона, подвески. Это будут уникальные украшения, в точности повторить которые не удастся. Двух абсолютно одинаковых бусин не бывает. С опытом приходит осознание того, что далеко не все зависит от задумки человека. В триаде «мастер — стекло — огонь» царит полное равновесие. Стекло, расплавившись, само решает, каким ему стать, и огонь всегда



## ДРУГИЕ ВЕЩИ

на его стороне. Но в этом и заключается чудесная прелесть работы с непредсказуемым, то упрямым и своевольным, то неожиданно послушным стеклом.

Напоследок себе на радость сотворим симпатичного медвежонка из стекла шоколадного цвета. Сначала сделаем большую базовую бусину на мандрели. На получившейся заготовке пинцетом и лопаткой сформируем два объема: большой будет туловищем, а чуть поменьше — головой. Нагретое стекло так же податливо, как пластилин, вот только руками касаться его нельзя. Все неровности сглаживаем нагреванием в верхней части пламени горелки. Наметим мордочку, шею и живот медвежонка. Лапы сделаем стеклом черного цвета: нанесем рельефные полоски на низ туловища и на бока. При желании струной можно нарисовать коготки. Прикатывать лапы не надо, пусть они немного выступают над поверхностью. Чуть-чуть примнем их, чтобы они не отвалились при сушке. Горячим стеклом поставим две капли по бокам головы, нагреем их и сформируем пинцетом полукруглые ушки. Глаза сделаем в несколько этапов: сначала на выбранное место капнем молочным стеклом, сверху закроем прозрачным, затем нанесем на него две крошечные черные точки. Посадим два пятнышка ниже глаз: широкое черное будет носиком, а красное, в виде падающей на бок капельки, облизывающимся язычком. Вот такую бусину последний раз нагреваем, поправляем пинцетом огрехи и отправляем на отжиг. Вполне возможно, что мишка получится разноухим, косоглазым и кривобоким. Но во-первых, он будет вполне узнаваемым — кто скажет, что это заяц? И во-вторых, он просто будет, как творение наших собственных рук, единственным и неповторимым. Пусть другие попробуют сделать так же!

*Фотографии любезно предоставлены  
Юлией Пономаренко (Ростов-на-Дону)*

# Посмотри в лицо мандрила

Эта дискуссия началась на одном из сетевых конкурсов фантастического рассказа. Речь зашла о людях с голубой кожей, которые так часто появлялись в фантастике XX века. «Ну, черный... Ну и что? У нас на островах голубые живут, и никто им в нос не тычет», — уговаривал себя житель планеты Гиганда, впервые встретив чернокожего землянина (А. и Б. Стругацкие. Парень из преисподней). Бело-голубоватое лицо марсианки Аэлиты все помнят. Но как же это так? Великие фантасты не соизволили подумать о том, что у млекопитающих, по большому счету, всего два пигмента — черный эумеланин и желто-рыжий феомеланин? Многие позвоночные и не различают синий цвет, иными словами, он не может понадобиться ни для маскировки,



Фото: Максим Пышный. Фотобанк.Лори



## РАССЛЕДОВАНИЕ

создает иризацию самоцветов и радужные переливы бензиновых пленок. Регулярно расположенные наноструктуры в прозрачной или полупрозрачной среде усиливают отражение света в определенном диапазоне длин волн (регулярность отличает данный феномен от некогерентного рассеяния, которое создает, например, голубой цвет неба).

В данном случае полупрозрачная среда — это кожа, а наноструктуры — даже не гранулы меланина, а волокна коллагена, обычного белка соединительных тканей. Исследование выявило квазипорядочность коллагеновых волокон в голубой коже приматов и сумчатых (см. фото). Профану кажется, что упорядоченность видна простым глазом, но для того, чтобы строго доказать ее существование, потребовался соавтор-математик и анализ изображения методом дискретных преобразований Фурье.

Кстати, еще раньше, в 2003 году, те же авторы описали аналогичный феномен в окраске птиц. Ричард Прам заметил беспорядок с музейными экспонатами — мадагаскарскими птичками бархатистыми филепиттами *Philepitta castanea*. Их красивые неоперенные «бровки» из зеленых стали синими. Оказалось, что, когда птичьи тушки обработали спиртосодержащим консервантом, кожные ткани дали усадку, волокна коллагена сблизилась и длина волны отражаемого света изменилась. По-видимому, один и тот же механизм формирования окраски независимо возник у птиц и у разных групп млекопитающих, таких удаленных, как приматы и сумчатые.

Мы знаем и другие примеры синей структурной окраски. Благодаря тому же явлению крылья бабочек-морфид переливаются синим «металликом» («Химия и жизнь», 2010, № 11). Лицо мандрила — не столь романтический пример, зато он дает нам надежду на встречу с синекожими братьями по разуму.

Е. Клещенко

### Литература

Richard O. Prum, Rodolfo H. Torres. Structural colouration of mammalian skin: convergent evolution of coherently scattering dermal collagen arrays. «The Journal of Experimental Biology», 2004, 207 (12), 2157—2172. doi: 10.1242/jeb.00989

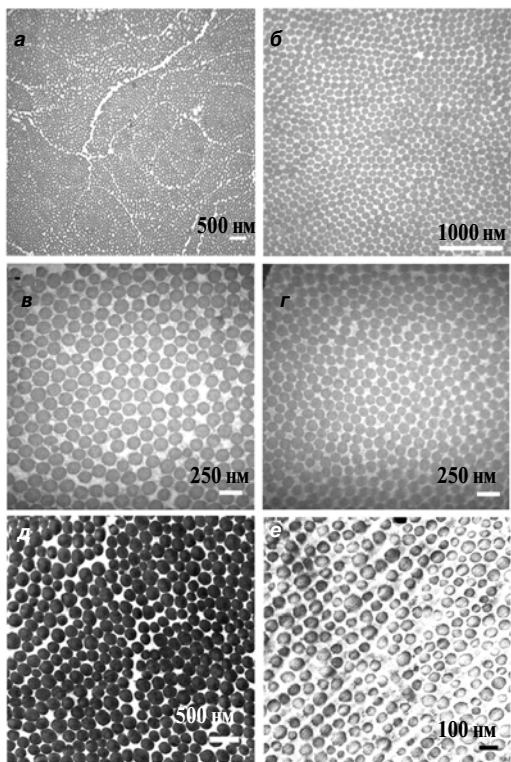
### Самец мандрила *Mandrillus sphinx*

ни для привлечения внимания. Так откуда возьмется синяя кожа у высших приматов? Черные, коричневые, желтовато-смуглые, краснокожие, пусть даже какие-нибудь серые люди — пожалуйста, а вот люди синеватых оттенков, да при этом генетически близкие землянам (авторы фантастики обычно настаивают, что близкие), — какая-то неувязка. А тут еще гуманоиды «Аватара», хоть и не идентичные людям, а все же вроде млекопитающие, и опять дизайнеры не пожалели синего...

Весомый аргумент в защиту синих инопланетян выдвинул Григорий Панченко, издатель фантастики, биолог по образованию и автор «Химии и жизни». «Взгляните на лицо мандрила! На оба его лица!» И в самом деле: млекопитающее, более того — примат, наш ближайший родственник, с обширными участками лазурно-синей кожи как на лице, так и на противоположной части тела. Неужели у него имеется синий пигмент, как у рыбки с коралловых рифов или райской птицы?

Чего нет, того нет. Ричард Прам, профессор факультета экологии и эволюционной биологии Йельского университета и куратор отдела зоологии позвоночных музея Пибоди, и профессор математики Канзасского университета Родольфо Торрес в 2004 году установили, что синюю окраску коже мандрила придает наноструктура.

Исследовали кожу не только мандрила, но и других млекопитающих — например самцов зеленых мартышек и мышинных опоссумов, у которых синим окрашены яички. Причина лазурной синевы — когерентное рассеяние, то самое, которое



Фотографии упорядоченного коллагена в структурно окрашенной коже млекопитающих (просвечивающая электронная микроскопия): а — неокрашенная кожа морды самки мандрила, б — синяя ягодица самца мандрила, в — морда самца мандрила, г — ягодица самца мандрила при большем увеличении, д — яичко самки верветки *Cercopithecus aethiops*, е — яичко самки мышинного опоссума *Marmosa mexicana*

# СОРБОМЕТР™

## АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

### Характеристики

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

### Прибор **СОРБОМЕТР** обеспечивает

- Измерение удельной поверхности однотоочечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



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

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

### Области применения

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

# Креветки

**Что за животное креветка?** Морозильники наших магазинов полны креветок. Развесные и расфасованные, большие и маленькие, чищенные и в панцире, они розовеют под слоями льда и полиэтилена. Их покупают как деликатес к праздничному столу и в качестве готовой закуски к пиву.

Креветки относятся к типу членистоногих, классу ракообразных, подклассу высших раков, отряду десятиногих. Существуют тысячи видов креветок, но коммерческое значение имеют десятка два. Размер взрослых особей у разных видов варьирует от 2 до 30 см, изысканной закуской считают крупных креветок, например тигровую *Penaeus semisulcatus*, королевскую *Plesiopeneaus emardianus* или гигантскую *Macrobrachium rosenbergii*.

**Откуда берутся креветки?** Креветки обитают в холодных и теплых морях всего мира, а некоторые виды, например гигантские креветки, освоили солоноватые и пресные водоемы — низовья рек и эстуарии.

Самые крупные креветки водятся в теплых водах, а в северных морях — виды помельче. Холодноводных креветок ловят траловыми сетями, крупных тепловодных с 80-х годов XX века разводят на креветочных фермах. Примерно три четверти их продукции приходится на страны Азии, особенно Китай, Таиланд и Филиппины, остальное на Бразилию и другие страны Латинской Америки. Существуют два способа разведения креветок. В одном случае весь жизненный цикл креветок, от икринки до взрослой особи, проходит в искусственных условиях, во втором их выращивают из молоди, собранной в природе.

Очень хорошо себя чувствует в культуре гигантская тигровая креветка. Животных выращивают в больших круглых резервуарах, где они плавают по кругу, полагая, очевидно, что странствуют в безбрежном океане. Впрочем, никто не спрашивал, о чем они думают.

И лов креветок, и креветочные фермы наносят большой вред окружающей среде. В тралы попадает множество «посторонних» животных, которых просто выбрасывают в море, и они погибают. Для промышленного разведения креветок устраивают искусственные лагуны, при этом уничтожая обширные площади прибрежных мангровых лесов. Кроме того, фермеры вылавливают много морских животных, идущих на корм креветкам. Защитники природы бьют тревогу, мы — едим.

**Чем полезно мясо креветок?** Мясо креветок ценят как белковый продукт с низким содержанием калорий. Оно содержит мало животных жиров, 7—8%, зато богато ненасыщенными жирными кислотами омега-3. Своё название они получили потому, что ближайшая двойная связь в их цепочке находится в третьем положении от метильного конца. Омега-3 необходимы для нормальной работы мозга, препятствуют развитию атеросклероза, улучшают состояние кожи, ногтей и волос. Наш организм эти кислоты не синтезирует, мы получаем их только с пищей. Кто хочет стать умным и красивым, пусть ест креветок.

Среди других достоинств креветочного мяса — высокое содержание иода, кальция, серы и цинка, витаминов группы B, E, PP и D.

Современные диетологи ни один продукт не считают полноценным, если в нем нет антиоксидантов. В мясе креветок эту функцию выполняет каротиноид астаксантин, снижающий к тому же уровень холестерина в крови. Холестерин в креветках присутствует в количестве примерно 150 мг на 100 г мяса. Но специалисты уверяют, что креветки благодаря действию омега-3 и астаксантина не способствуют развитию атеросклероза, и зачисляют их в разряд полезных продуктов. Тем не менее, креветки все же вредны людям с аллергией на морепродукты.

**Как продают креветок и как их выбрать?** Креветок продают неразделанными, разделанными (без головы) или очищенными. Очищенные креветки еще называют коктейльными. Они стоят дороже неразделанных, однако в пересчете на полезный вес разница в цене не так уж велика. Чтобы получить килограмм креветочного мяса, надо очистить три килограмма креветок.

Креветки бывают развесными или фасованными. Развесные самые дешевые, но специалисты не советуют их покупать, потому что в мешке могут встретиться кусочки льда, головы и прочий мусор. Кроме того, развесные креветки не имеют маркировки.

Зато она есть на фасованных креветках. Помимо данных о месте вылова и производителе, на упаковке всегда указывают количество креветок на килограмм. Для атлантических креветок хороший показатель 50—70, а тропических в одном килограмме может быть всего несколько штук. Такой размер впечатляет, конечно, но тропические креветки, скорее всего, выросли на ферме, где их могли пичкать антибиотиками и кормовыми добавками. Лучше выбрать атлантических креветок покрупнее. Они вкуснее и ароматнее, и в них больше витаминов.





Однако на этом муки выбора не заканчиваются. Каких креветок предпочесть: свежемороженых или варено-мороженых? Специалисты рекомендуют первый вариант, поскольку в свежемороженой креветке сохранилось больше полезных веществ.

И вот, прочтя все, что написано на упаковке, можно наконец взглянуть на содержимое пакета. Креветочки внутри должны быть целыми, не слипшимися, ножки прижаты к телу, хвост подогнут. Тушка не вмерзла в слой льда, а покрыта тончайшим слоем ледяной глазури, сквозь которую видно, что панцирь у нее не пересох, а цвет ровный. Если креветка в белых пятнах, значит, она переморожена. Черная голова и черные кольца свидетельствуют о том, что креветка старая и больная. Иногда ее пытаются очистить от черноты химическим способом, тогда на панцире появляются желтоватые пятна или бугорки. Зеленой головы бояться не следует — это результат поедания планктона. Кусочков льда и снега в пакете быть не должно.

**Как почистить?** Если мы купили креветку в панцире, ее нужно почистить. Сначала, конечно, разморозить. Только не надо выкладывать добычу прямо на стол или совать под горячую воду. Чтобы мясо сохранило вкус, оттаивание должно быть постепенным: сначала в холодильник, потом в холодную воду, потом обсушить и, наконец, почистить.

Большинство людей откручивают креветке голову, а потом снимают панцирь, дергая за хвостик. Но есть и другой способ, принятый у кулинаров и подходящий не только для мороженых, но и для вареных и свежих креветок. Креветку берут в левую руку и острыми ножницами разрезают вдоль спинки хитиновый панцирь. Затем снимают одну за другой все хитиновые пластинки, двигаясь от головы к хвосту. Мякоть спинки осторожно раздвигают вдоль воображаемого хребта и обнаруживают там темный тяж — кишечную вену. Этим словосочетанием обозначают пищеварительный тракт. Его тоже вырезают, хотя если его съесть, ничего страшного не случится. Далее возможны варианты. Если вам предстоит готовить из креветок супы и соусы, для которых важен запах, голову лучше оставить — она придает блюду особый аромат. Если креветку предстоит обжаривать, ей оставляют хвостик, за который удобно брать тушку и обмакивать ее в кляр. И вообще, с головой и хвостом креветка на блюде смотрится интереснее. А в некоторых странах креветок готовят целиком, потом удаляют голову и лапки и едят вместе с панцирем и кишечной венной. Так что, прежде чем приступить к очистке креветки, подумайте, действительно ли вы этого хотите.

**Что приготовить из креветок?** Существуют сотни способов приготовить креветки. Их запекают, варят, жарят в масле и в кляре, обжаривают на гриле, добавляют в салаты и супы, украшают ими коктейли. Поскольку креветки — продукт нежирный, кулинары не стесняются: и жарят на сливочном масле, и добавляют в суп с беконом. С другой стороны, можно использовать диетический потенциал креветок в полной мере. Если суп, то овощной, если гарнир или салат, то легкий. Впрочем, у каждого свой вкус, и все же одно правило надо соблюдать неукоснительно. Креветок готовят очень недолго и снимают с огня, когда они начинают розоветь, иначе мясо станет жестким и невкусным.

**Какого цвета креветка?** Креветок много хороших и разноцветных: прозрачных, зеленоватых, серовато-коричневых, украшенных цветными полосами и пятнами. Но когда креветку сварят, она розовеет, какой бы окраски ни была изначально. Загадку креветочного румянца разгадали несколько лет назад британские специалисты под руководством Джона Хеллиуэлла (университет Манчестера). Дело оказалось в каротиноиде астаксантине, о котором мы уже говорили. Это красный пигмент, но в теле креветки он связывается с белковым комплексом панциря бета-крустацианином, конформация пигмента при этом изменяется, и он меняет цвет. При термической обработке связь астаксантина с бета-крустацианином разрушается, и пигмент снова краснеет. Исследователи работали с омаром (лобстером), в сыром виде он синий. Но, по мнению профессора Хеллиуэлла, этот механизм присущ всем ракообразным. У всех хитиновый панцирь, и все краснеют при варке.

**В чем разница между креветками и крилем?** Криль — мелкие ракообразные отряда еуфазиевых *Euphausiacea*. Их название происходит от голландского слова *krielt* — мелочь, но в длину они могут достигать 6,5 см. Внешне они напоминают небольших креветок, от которых легко отличимы по неприкрытым жабрам на грудных ножках. Криль образует промысловые скопления в поверхностных слоях океанских вод, перерабатывают его там же, где и ловят: очищают от панциря, бланшируют и засаливают. В свежем виде криль не продается, потому что быстро портится. Его мясо обладает теми же достоинствами, что и мясо креветки.

Что мы все о мясе да о мясе! Когда будете готовить креветок, не выбрасывайте очистки. Они тоже пойдут в дело. Панцири и лапки надо хорошенько просушить и тщательно измельчить в ступке или кофемолке. Получившуюся муку просеивают и прогревают на сковороде вместе с растопленным сливочным маслом, пока оно не покраснеет. На две столовые ложки муки нужно 100 г масла. Массу процеживают, охлаждают, солят по вкусу и оставляют на холоде для загустения. Это масло можно использовать для соусов, рыбных супов и бутербродов.

Н. Ручкина

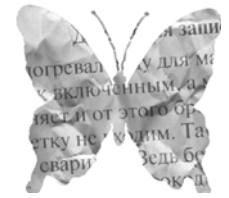
Художник Н. Колпакова

ЧТО МЫ ЕДИМ





# Друг мой, враг мой



Алиса Вель

Пашка смотрит, как младшеклассники идут по длинному коридору.

В широкие окна льется майское солнце, отражается от стеклоблоков гардероба, прыгает по застежкам портфелей. Ребяшня торопится вырваться из школьных стен на свежий воздух, они обходят Пашку, словно вода в ручье, равнодушно огибающая ногу прохожего.

Следовать общему потоку слишком предсказуемо, поэтому Пашка поднимается на четвертый этаж и проходит на территорию старших классов. Здесь идут уроки и тихо. Он подходит к лестнице, пытается что-то разглядеть между пролетами. Прислушивается. Потом спускается на первый этаж и выходит к запасному выходу.

Дверь заперта. Пашка садится на корточки и закрывает глаза. Ему нравится представлять, что он совсем один в целом свете. Просто все шли, шли и ушли по длинному коридору навсегда. Это совсем несложно представить.

Когда все уходят, то остается покой.

«Мама останется... — думает Пашка, — да, останется... и папа, и Ашур».

Он достает ключ, который стянул две недели назад у вахтера, и открывает дверь.

За дверным полотном, покрытым облупившейся зеленоватой краской, открывается внутренний дворик. С трех сторон он окружен стенами школы, словно находится внутри упавшей на землю буквы П. Пространство у входа заставлено ржавыми железными конструкциями. Говорят, что раньше они стояли на школьном поле и ученики тренировались их преодолевать, как на войне. Железяки внушают уважение.

Пашка отвлекается, возится с замком и не сразу понимает, что он не один. Его сбивают с ног. Он падает, поворачивается, упирается спиной в дверь.

Это Валерка Галин с друзьями. Долговязый, белобрысый, взъерошенный. За глаза ребята зовут его Галей. Краем глаза Пашка замечает Леху Чевардина, который стоит в стороне с понурым видом.

Галя сначала ничего не говорит, просто довольно смотрит, как Пашка неуклюже встает. Потом переходит к делу: вытряхивает на асфальт Пашкину сумку. Тетрадки падают в пыль, пенал от удара раскрывается, и ручки катятся в разные стороны.

— Не принес. — Галя даже не спрашивает, утверждает. — Не зря прячешься, крыса.

Пашке хочется сказать, что «сам ты крыса, раз шакались», но он, конечно, так не говорит.

— А может, он хочет, чтобы ему дюлей навешали? — спрашивает Галя у друзей. Те подтверждают, что хочет.

Галя наступает носком кеда на валяющийся дневник и с ожидающим видом шаркает ногой.

Пашка начинает говорить, что в этот раз не получилось, потому что родители заперли сервант, а ключ потерялся, но уже вызвали мастера, который придет и всё исправит, правда, мастер занятой, может быть, сегодня не придет, может быть, завтра или в субботу, но придет точно. Ну а когда мастер сделает другой ключ, то уж тогда Пашка сразу принесет, без задержек.

Где-то на середине он понимает, что всё это звучит неубедительно, и заканчивает упавшим голосом. Но Галя почему-то не бьет. Спрашивает: «Деньги есть?» Пашка отдает мелочь, которую дали на обед в школьном буфете.

— Посмотрим, придет ли мастер завтра, — говорит Галя друзьям.

Те смеются. Потом все они поворачиваются, быстро потеряв интерес, и уходят.

«Это им по приколу, — понимает Пашка. — Могут и подождать».

Подходит Леха, помогает собирать разбросанные вещи.

— Я не хотел, — тихо говорит он. — Но они заставили. Говорили, что всё равно найдут тебя, а если не скажу, то и мне будет хуже, и тебе. Но я попросил их, чтобы не били... Или не сильно.

Пашка молчит.

Когда портфель собран и Пашкин костюм хлопками очищен от пыли, Леха вдруг берет Пашку за плечи, ловит его взгляд и начинает быстро-быстро говорить.

Что у него год назад была беда. Мама часто ездила в больницу, потом стала приходить вечером в Лехину комнату, думала, что он спит, и плакала. Стала говорить, что, может быть, ему съездить к отцу, познакомиться с тетей Лидой и братом Сашей, говорила, что они хорошие и у них даже можно пожить. Хотя сама раньше говорила, что «Лидка стерва» и какое-то яблоко от нее недалеко упало. Леха уже думал, что деваться некуда, но потом к ним вечером пришла старуха, которая там же во дворе у них живет, зовут странно — Матрена. Сама, кстати, страшная — худая и морщинистая, еле ходит, опирается на кривую палку, а глаза черные... Значит, пришла, заперлись с мамой в комнате, а Леха не то чтобы подслушивал, но если стоять около двери, то слышимость хорошая.

Леха разобрал, что маме надо положить на ночь под кровать какую-нибудь дорогую вещь. Какую точно, он не понял, но мама сказала старухе, что так и сделает. И еще надо повторить при этом три раза: «Друг мой, враг мой, помоги. Отдаю тебе долги». Вот такой стишок, Леха запомнил.

Старуха перед уходом еще подарила ему замызганную карамельку, он ее даже есть не стал, но это не важно. Важно, что мама потом отстала с отцом и тетей Лидой,

ФАНТАСТИКА

даже в больницу только пару раз ездила и возвращалась веселая.

Так вот, что, если и Пашке так попробовать? Вдруг поможет.

Пашка вглядывается в Лехины глаза. Они серьезные, ни смешинки.

— Дорогая вещь — это не в деньгах, — уточняет Леха. — Это что кому-то дорого. Важная вещь.

Пашка неопределенно мотает головой, медленно идет к школьным воротам. Леха идет рядом, и Пашка не возвращается.

Вечером Пашка сидит в своей комнате, забравшись с ногами в кресло, жует бутерброд и думает.

Вообще-то мама не разрешает есть в комнате, но сегодня ничего не сказала. И только укоризненно посмотрела Пашке вслед, когда он пытался незаметно ускользнуть из кухни с бутербродом. Сегодня мама грустная. А папа опять задерживается на работе.

Пашка откусывает кусок бутерброда, запрокидывает голову и внимательно смотрит на полку.

Важная вещь... Что бы это могло быть? Такое важное, но вместе с тем не слишком дорогое, чтобы можно было отдать. Ни игры, ни фильмы, ни книжки — ничего не подходит. Это всё не то, дело ясное. Может, фонарик?

Давно, еще в прошлом году, папа подарил Пашке отличный фонарик. Нажимаешь на кнопку на рукоятке, и из нее выдвигаются ножи и вилка. И еще штопор, хотя он Пашке не нужен. Туристический фонарь «Экспедиция» — так написано на гладком оранжевом боку.

Пашка доедает бутерброд, встает и подходит к полке. Берет в руки фонарик, некоторое время с сомнением смотрит на него. Потом оглядывается на кровать.

Что надо сказать? «Друг мой, враг мой, помоги. Отдаю тебе долги». Звучит глупо, как детская считалка. Но Леха не смеялся.

Пашка кладет фонарик под кровать.

— Друг мой, враг мой, помоги...

Просто ему совсем некому помочь. Его загнали в тупик. И даже почти не стыдно за считалку.

Ночью ему снится странный сон. Будто бы он задержался в школе допоздна и выходит в парк, когда уже стемнело и вокруг ни души. Пашка идет по дорожке к воротам, а вокруг гудит ветер, и деревья раскачиваются, цепляясь друг за друга ветвями. Начинается дождь. Пашке становится тревожно, даже не оглядываясь, он чувствует, что сзади кто-то есть. Он оборачивается, но в темноте, среди летящих теней ничего невозможно разглядеть.

Пашка ускоряет шаг, почти бежит к воротам парка, но перед ними почему-то выстроились железяки из школьного двора. Пашка карабкается, обдирая руки о ржавчину, соскальзывая с мокрого железа. Боли нет, но железяки не кончаются, и ворота всё так же далеко. Даже дальше — их уже почти не видно.

Откуда-то из-за спины доносится скрежет, Пашка в панике оглядывается, но видит только деревья и тени.

Внезапно в небе вспыхивает молния, словно гигантская горящая куриная лапа. Она выхватывает из темноты железную перекладину, на которой стоит Пашка. Он вдруг ощущает себя канатоходцем на мокром железном канате, высоко над землей.

В спину дует ветер. Пашка теряет равновесие, летит вниз и... просыпается.

В глаза ему бьет свет. Это мама включила настольную лампу. Мама стоит рядом, она улыбается и говорит, что пора вставать, иначе он проспит школу.

Пашка протирает глаза, морщится от света и сильно трет лоб, стараясь прогнать неприятный сон. Потом опускает руку и шарит под кроватью. Не веря себе, встает и заглядывает под нее. Потом сам залезает под кровать, внимательно осматривает пол.

Фонарика нет.

На уроках Пашка почти ничего не слышит и даже не может справиться с самой простой задачей на математике. Он получает двойку и замечание в дневник. Но ему почти всё равно. Он ждет большой перемены.

Гая с друзьями всегда приходят на большой перемене. Придут ли они сегодня? Пашка почти не надеется на то, что странная считалка и фонарик помогут. Если станешь надеяться, а потом всё равно получишь, то будет вдвойне больнее. Но ведь фонарик пропал... Еще один урок, и перемена — скоро всё станет ясно. Скоро.

Он грызет ручку и напряженно смотрит на доску, пытаясь понять, что же там написано. В случае чего можно сказать, что мама передарила африканского божка своей сестре. Или что кот Ашур его разбил.

Кто-то больно тычет ему в спину карандашом. Обернувшись, Пашка видит хитрую улыбку Лены Тимошенко. Он хочет сказать ей, что думает о таких глупых приколах, но Лена неожиданно сует ему в руку клочок бумаги с надписью «Пашке Лещеву». Узнав почерк Лехи, Пашка шепчет «спасибо» и быстро отворачивается. Потом разворачивает клочок, стараясь не привлекать внимание учительницы, и читает записку.

Поднимает голову, смотрит на доску. Опять опускает голову и перечитывает, для верности шевеля губами.

И только после третьего раза начинает верить, что Гая сегодня не придет.

А на большой перемене оказывается, что уже почти все знают эту новость.

— Представляете! — Танечка Астафьева сверкает глазами и яростно трясет косичками. — Машина всмятку, а они оба в больнице! И он сам, и отец его! А мать его в школу приходила и плакала!.. Так жалко их! — вроде бы искренне заканчивает Танечка и прижимает ладошки к щекам.

Класс сдержанно гудит. Кто-то усмехается, кто-то облегченно вздыхает — большинство успели пострадать от выходок Гали, и почти все его побаиваются. Но некоторые девочки, как и Танечка, изображают сочувствие. А может, и не изображают, может, правда, жалеют его, как пожалели бы покалеченного щенка. Над девочками-то он редко издевался.

Пашка стоит в стороне и мрачно смотрит в окно. Он думает, что Гая с отцом попали в аварию из-за того, что он, Пашка, вечером положил под кровать фонарик. Это кажется нелепым, даже смешным, но это не совпадение. И это пугает.

Отойдя от окна, он встречается взглядом с Лехой. Тот несколько мгновений пристально смотрит Пашке в глаза и быстро кивает.

Леха всё понимает.

Сегодня мама весь вечер сидит в своей комнате и плачет.

Пашка точно знает, что мама плачет, хотя из-за закрытой двери не доносится ни звука. Дверь заперта изнутри, а когда Пашка тихонько скребется в нее, мама говорит, что устала и уже спит и чтобы он сам поужинал и не забыл выпить кефир.

Но она не спит.

Всё из-за этой неожиданной командировки папы. То есть на самом-то деле ни в какую командировку он не уезжал, просто мама сказала так вчера Пашке, чтобы успокоить. Папа никуда не собирался, а если бы даже и собрался, обязательно предупредил бы об этом. Нет, здесь что-то другое.

Но о другом Пашке думать не хочется. Он не маленький и знает, как бывает у взрослых: живут, живут, потом вдруг — бац... Вот у Лены родители взяли и развелись...

Нет, нет, даже думать о таком глупо, папа просто... у него что-то случилось. Что-то, о чем нельзя рассказать. Ведь бывает же так. А мама ничего не понимает и от этого переживает.

Он снова скребется в дверь, и мама опять бормочет, что спит.

— Спокойной ночи, — говорит Пашка в замочную скважину. — Я уже выпил кефир, — добавляет он на всякий случай, но мама молчит.

— Лещ... чего ты? Что-то случилось?

Леха сочувственно и как-то понимающе заглядывает Пашке в глаза. Пашка неопределенно крутит головой и отворачивается. Разве это объяснишь?

— Ты... знаешь что. Тот стишок бабкин и фишка с кроватью... это не на один раз. Если у тебя что-то случилось — попробуй еще что-нибудь отдать. Только важное что-нибудь. Если дело серьезное, то надо серьезную вещь.

Пашка ежится и опускает голову. Да, в тот раз помогло. Но это может быть простым совпадением, а фонарик могла спрятать мама. Непонятно, зачем ей это, но ведь могла. Это раз. И два — как-то оно уж очень сильно помогло. Авария — никому не пожелаешь. Галя так до сих пор и не вышел из больницы и, говорят, может остаться инвалидом.

Наверное, именно поэтому, Пашке нравится думать о совпадении. Не хочется чувствовать себя виноватым. Но мама... если сегодня она снова будет плакать, а папа так и не придет...

— Что ты теряешь? — Леха смотрит внимательно и немного напряженно. — Попробуй. Не получится, так не получится.

После ужина Пашка снова осматривает все свои «сокровища». «Дорогое» и «важное» — это разные понятия. Дорогие вещи у него есть — например, новые кроссовки или телефон, поцарапанный, но еще вполне приличный, как выражается Лена. Но они не важны для него. Согласится ли этот «друг-враг» принять их?

Покружив немного по комнате, он вспоминает про часы. Командирские: с массивным циферблатом, водонепроницаемые и противоударные, со светящимися в темноте стрелками. Часы достались Пашке от бабушки. Когда берешь их в руки, вспоминаются хорошие дни: лето, каникулы, рыбалка, бабушкины истории вечерами на крыльце.



## ФАНТАСТИКА

А еще дедушка иногда шутил с гостями: хвастался часами, потом ставил на огонь чайник, и вдруг часы якобы случайно соскальзывали с руки прямо в кипящую воду. Мгновенное замешательство, немая сцена. Но часы, выловленные и вытертые насухо, всегда исправно продолжали тикать.

Пашка хмурится, но решительно запикивает часы под кровать и для верности поддаёт их немного ногой, чтобы подальше задвинуть.

— Друг мой, враг мой, помоги... — шепчет он и сам не знает, на что больше надеется — на таинственную помощь или на то, что утром часы будут преспокойно лежать под кроватью и вся эта история окажется глупостью.

Утром он долго не может прийти в себя: дышать тяжело, тело ломит, как будто преодолевал полосу препятствий. Впрочем, так и было. Опять снился тот же сон.

Дурной... Нет, совершенно дурацкий сон, в котором кто-то карабкался следом и, кажется, догонял, а ворота всё отодвигались.

— Паша, что с тобой? Стонал во сне... что-то болит? — Но вдруг, осекшись, мама замолкает и вслушивается в бравурную мелодию поющего на ее тумбочке телефона. Потом машет рукой и бежит к нему.

Пашка знает, что это звонит папа. Сейчас он что-то там объяснит и вечером вернется домой. Потому что часов под кроватью нет.

Сегодня Пашка никак не может дожидаться, когда мама уйдет спать. Ему нужно, чтобы она ушла к себе и он мог бы подобраться к серванту.

А мама, похоже, ждет, когда ляжет Пашка. Она уже в третий раз заглядывает в гостиную и спрашивает, почему он не спит. Видимо, ей тоже зачем-то надо остаться в гостинной одной. Зачем? Пашка догадывается. Он помнит, что в тумбочке у телевизора лежат тонкие свечки, которые бабушка принесла из церкви. Мама достанет их, зажжет и будет молиться, как научила ее бабушка.

Всю жизнь, сколько Пашка себя помнит, мама смеялась над «всякой этой чепухой» и даже на Пасху, когда красила яйца и пекла куличи, всегда уточняла, что это «просто для праздничного настроения». А сегодня собралась молиться. Но стыдится при Пашке.

Пашка хочет ей сказать, чтобы не стыдилась и что он понимает ее. Бывают ситуации, когда что угодно станешь делать, лишь бы сохранить надежду. Он бы мог ей кое-что рассказать... но как о таком расскажешь?

Он идет в свою комнату и ложится на кровать. Терпеливо ждет, пока мама закончит там, в гостинной, и, сказав перед свечкой все положенные слова, уйдет к себе.

Потом Пашка встает и на цыпочках крадется к серванту, не включая свет и стараясь не шуметь. Открыв дверку, он тянется к верхней полке и осторожно достает африканского божка. «Божок» – так его и назвал дядя Олег, когда торжественно вручал родителям на годовщину свадьбы.

«И пусть этот африканский божок принесет вам удачу, покой и радость! Храните его и берегите! Пока он у вас, вы никогда не расстанетесь и не поссоритесь!» Так или почти так. Все посмеялись тогда над этим подарком: деревянная лягушка с крыльями, да еще печальная с виду — что может быть более нелепым? Дядя Олег много путешествовал и всегда дарил странные вещи.

Но божка поставили на почетное место и даже иногда стирали с него пыль. А для Пашки он так и остался символом благополучия семьи. И гордо стоял там, наверху, как залог того, что «всё будет хорошо».

Черт дернул Пашку рассказывать про него Ленке. Похвастался «настоящим идиолом из Африки», не заметил подошедшего сзади Галю...

С этого всё и началось. Не похвастался бы — не пришлось бы врать и изворачиваться. Да и внимание Гали не привлекал бы. Не случись эта история с Галей, не подвернулся бы Леха со своим стишком. Не было бы стишка и странной помощи...

А что было бы тогда?

Эта мысль приходит ему в голову только сейчас, но, чем дольше он обдумывает ее, тем страшнее ему становится.

В самом деле, если бы он не попросил помощи в первый раз... пришлось бы просить второй? Совпадение ли это, что в последнее время неприятности валяются на их семью одна за другой? И ладно бы, просто неприятности. То, что случилось с папой... Он вспоминает, как они с мамой ездили в больницу, и невольно зажмуривается.

— Ребенка-то зачем привели? — Резкий голос врача будто стегает хлыстом. — Хотите, чтобы ему кошмары потом снились? Нечего там сейчас смотреть!

Мама начинает плакать, и врач смягчается.

— Потом посмотрит, — говорит он уже тише. — Да успокойтесь вы, дай Бог, пойдет на поправку. Только для этого необходимо время, а не слезы. Он сейчас в тяжелом состоянии, ему покой нужен... да уберите же вы мальчика!..

Пашка открывает глаза, закрывает сервант и, стараясь ступать бесшумно, несет лягушку к себе в комнату.

На папу напали, когда он уже заходил в подъезд. Ударил железным прутком по голове, отобрали телефон, барсетку. Потом еще пинали, гады, и сбегали, когда соседка с первого этажа закричала из окна.

А Пашка задержался на дне рождения у Ленки и пришел домой, когда папу уже увезла «скорая».

Он садится на кровать, смотрит в печальные глаза божка и думает.

Сначала он просил помощи, чтобы отвязаться от Гали. Галя попал в аварию. Потом папа пропал, и мама плакала. Потом папа вернулся, и какое-то время всё было хорошо. Теперь вот...

Если тот, кто крадется за спиной во сне, заберет сегодня божка... то что случится завтра? Послезавтра, через неделю, через месяц...

Или все-таки это просто совпадения?

Он хмуро глядит себе под ноги, потом опускает божка на пол и аккуратно подталкивает его под кровать.

«...принесет вам удачу, покой и радость!»

Ни покоя, ни радости всё равно уже нет. Не справился ты, божок. Может, хотя бы сегодня послужишь делу...

Пашка бьет снова. Падает под встречными ударами, поскользывается на мокрой глине, встает и опять выбрасывает кулаки, целя в голову.

Моросит дождь — противный, крадущий силы. Сил уже почти не остается ни у Пашки, ни у Лехи. Они топчутся в луже на заднем школьном дворе. У Лехи идет носом кровь, у Пашки разбита губа.

Пашка знает, что уже не может бить. Он хочет упасть и закрыть глаза. Но он бьет. Бьет, потому что спал без снов, а утром обнаружил под кроватью оставленного там вечером божка. Которого никто не забрал. Бьет, потому что потом сообщили из больницы, что папе стало хуже. Отказывают почки. За это бьет сильно, и Леха валится, сгибаясь от удара в солнечное сплетение. За то, что Леха заварил эту кашу. А еще за то бьет, что именно Леха много раз навел Галю на Пашку. Девчонки слышали, и сегодня Ленка рассказала об этом на большой перемене.

За предательство бьет.

Он плохо понимает, то ли это мысли в его голове, то ли он орет, хрипит это Лехе.

Тот ползет по грязи, потом замирает, подобрав колени и закрыв голову руками. И Пашка не сразу осознает, что это за воющий, то высокий, то низкий, звук. Потом понимает — это рыдает Леха. Как девчонка.

И Пашка больше не бьет, падает рядом на четвереньки.

Только бы не заплакать. Что угодно, но не плакать.

— Это правда. — Леха сидит на земле, обхватив колени руками, смотрит куда-то в сторону. — Я не врал. Это помогает, и папу твоего еще можно спасти. Дело серьезное, теперь надо не вещь... надо какое-то животное...

— Что? — Пашка смотрит на него исподлобья. — Ты ведь гад. Понимаешь? Предательский гад!

— Это правда! — Леха вытирает кровавые сопли. — Я тебе просто не всё сказал... и не совсем так. Тогда мама не стала слушать бабку Матрену. А я попробовал. Отдал свой брелок... а потом телефон... Бабка говорила, что, если вещь не помогает, надо что-то живое. Поэтому двух хомяков отдал, а оно все продолжается. Потом черепаху, потом уже никого не осталось — я же не знал, что помогает ненадолго. Сначала всё хорошо, а через некоторое время плохо становится. И всё хуже и хуже. Я черепаху отдал, когда мама ходить не могла. А когда отдал, то еще страшнее стало — что дальше-то будет?

Пашка молчит.

— Я тогда решил к бабке сходить, помощи попросить, — продолжает Леха. — Захожу, а там дверь открыта, старухи толкуются в коридоре. В комнате на табуретках гроб стоит, а в нем Матрена. Еще страшнее, чем раньше, на глазах монеты, и запах не дай бог. Как дурак простоял там чуть ли не час, все думали, что я внук ее, утешали. И я тогда подумал: что последний шанс, если на кого-то другого, на кого-то другого перевести. Может, оно тогда отвяжется от меня? Я больше не знал, что делать.

— И ты вспомнил про друга. Значит, ты специально Гале рассказывал, где я и как меня найти, чтобы мне тоже пришлось помощи искать? Значит, такой ты друг?

Леха не отвечает, мелко вздрагивает.

— Ну и как, помогло тебе?

— Наверное... Пока после черепахи всё нормально. Мама на поправку идет.

Пашка поворачивается, чтобы уйти. Брюки и пиджак мокрые и липкие, надо успеть вернуться домой до прихода мамы.

— Ты ворота во сне видел? — вдруг спрашивает Леха, и Пашка останавливается.

— А что с воротами? Они тебе тоже снились?

— Ну да. Будто бы иду к школьным воротам по парку, но почему-то по пояс в воде. Стемнело, дождь начинается. Весь парк залит водой, целая река вокруг, но мелкая, и школа стоит посреди этой реки. И вот иду, а сзади... ну, как будто кто-то есть. В темноте его не видно, но всплески слышны, и вздохи какие-то всё ближе. У тебя тоже, да? Плыть не получается, пытаюсь побежать, но в воде-то сам знаешь, как бегаешь. Медленно.

— И ворота всё отдаляются? — сумрачно спрашивает Пашка.

— Ага! — Леха оживает и смотрит на него со странной надеждой. — Я до них так ни разу и не добрался. Там такое сильное течение. Один раз, когда черепаху отдавал, я почти дошел. Но это ведь сон, в нем в самый последний момент сил всегда не хватает...

Пашка дома один, мама уехала в больницу, сказала — не ждать. Пашка смотрит на кота, которого посадил в переносную клетку. Ашур явно встревожен. Просовывает лапу сквозь решетку, мяукает.

Пашка ставит клетку с котом на пол. В который раз говорит себе, что коту уже десять лет, он старый и зимой сильно болел. В ветеринарке им сказали тогда, что кот не жилец — либо усыпить, либо тратиться на капельницы и таблетки. Они каждый день возили Ашура на капельницу, ходить он не мог, только лежал и грустно смотрел на Пашку. И кот выкарабкался.

Пашка задвигает клетку под кровать, старается не смотреть на Ашура.

Уснуть Пашка не может, ворочается. Болят ребра, болят руки, саднит разбитая губа. Еще кот всё не успокоится — то и дело протяжно мяучит. Бесплезный, в сущности, кот. Только ест, греется на солнышке, да туалет за ним еще убирать надо. Не будет кота — и ладно. А если папы или мамы не будет? Мама не звонит из больницы. Может, и хорошо. Если позвонит, то страшно трубку будет брать. Нажмешь маленькую кнопку, и возврата не будет.

Он прислушивается, кажется, под кроватью какой-то шорох. И кот не мяукает больше. Пашка замирает, сердце колотится со страшной силой. Что, если клетка уже пуста? Мама говорит, что Ашур приносит счастье. И сегодня его долго гладила перед тем, как уехала. Глупый кот довольно урчал, не знал, что останется один с Пашкой.

Пашка осторожно заглядывает под кровать. Свет от луны падает в другой угол комнаты, и ничего не разглядеть. Так же осторожно он нащупывает клетку, слегка двигает ее. Слышится недовольное мяуканье.

Пашка садится на пол, выдвигает клетку из-под кровати. И думает о том, что люди важнее кошек, потому что



## ФАНТАСТИКА

у людей есть кладбища, а у кошек нет. И что люди разумны. Поэтому они и придумали клетки. Еще он думает, что Ашур — герой, спасает папу, просто не понимает этого. И во всем виноват Леха. Леха всё начал и обманул Пашку. И когда Ашура заберут, то виноват будет Леха, а не Пашка. Только Ашур этого не понимает.

Пашка открывает клетку и слышит, как кот, мяукая, выбегает из комнаты. Потом он стелет одеяло на пол, кладет на него подушку и залезает под кровать сам.

Сегодня особенный день, всё кажется светлым и солнечным. Даже тусклые школьные стены. Сегодня Пашка полон сил. У него почти получается сделать подъем с переворотом на физкультуре.

Утром он проснулся бодрым, хоть и под кроватью. Проснулся от звонка на мобильный. Мама говорила радостно, громко, почти кричала. У папы всё хорошо, доктор сказал, что всё будет хорошо. И проблема с почками не такая большая, лечится. Домой она не заедет, сразу на работу, а Пашка пусть идет в школу.

Пашка чувствует себя солдатом, от которого бежит враг. И ребра уже не болят. Он думает, что, попробуй на него напасть кто-нибудь там, в парке, он бы набросился на него, как на Леху, и колошматил и отколошматил бы. Он думает, что так и поступают герои. Если сами заваривают кашу, сами ее и расхлебывают. И это правильно. Враг бежит от смелых.

На перемене к нему подходит классный руководитель, с ней какая-то женщина в сером плаще. Она странно смотрит на Пашку.

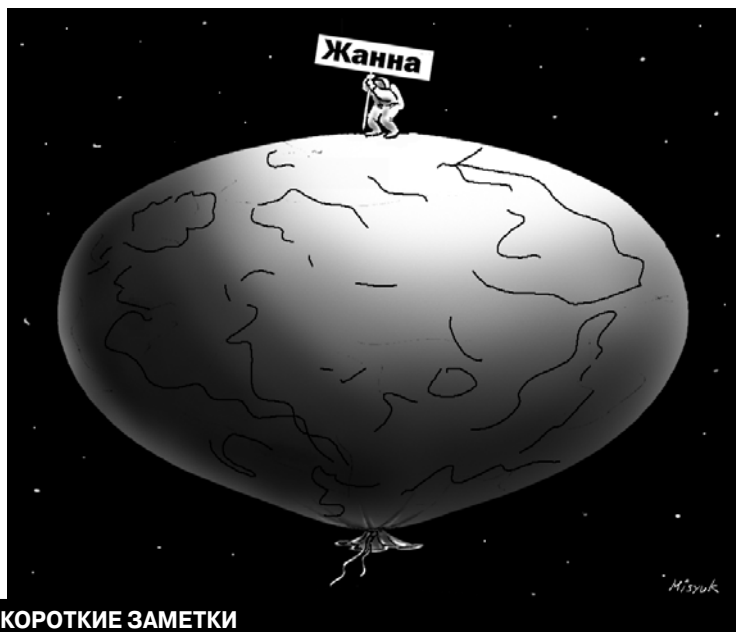
Классная говорит, что это — мама Лехи, и Пашка лихорадочно придумывает, как же оправдаться за драку. Но женщина объясняет, что утром проснулась, а Лехи нет. Похоже, куда-то ушел ночью. Но как ушел, непонятно — дверь в квартиру была заперта изнутри, телефон дома остался. Женщина достает мятый листок бумаги и подает его Пашке. Говорит, что нашла это под кроватью. На листке надпись: «Пашка, прости!»

Женщина смотрит на него с надеждой. Смотрит и ждет. А Пашка молчит, потому что не знает, что сказать.

Он думает о том, что, даже если Леха успеет добраться до ворот, еще неизвестно, откроются ли они.

И неизвестно, куда они ведут.





Художник В. Мисюк

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Как вы яхту назовете...

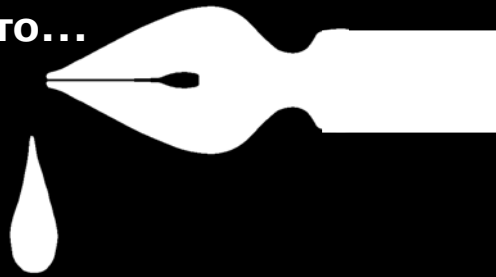
Число планет, открытых у ближних звезд, уже превысило восемь сотен, а еще многие тысячи на подходе, ведь методы их обнаружения становятся все более совершенными. Очевидно, что такой ресурс не мог остаться незамеченным субъектами рыночной экономики. Началась коммерческая суета — продажа имен небесных объектов и даже недвижимости на них. Эта суета вызвала опасения у профессионалов, и они устами Международного астрономического союза решили внести ясность, а заодно и предупредить доверчивых граждан, что платить деньги за наречение планеты именем любимой собаки, — мягко выражаясь, опрочметливо. Вот краткое содержание разъяснения, распространенного агентством «AlphaGalileo» в День космонавтики 12 апреля 2013 года.

Международный астрономический союз приветствует интерес публики к исследованию других миров. Однако когда речь заходит о наименовании космических объектов, нужно придерживаться установленной процедуры, чтобы сохранить единообразие. Конечно, название планеты 16 Cygni Bb или HD 41004 Ab кажется скучным, особенно по сравнению с Марсом и Меркурием. Однако оно дает ясное и четкое указание на небесный объект. Создание системы названий — научная задача, решение которой должно обеспечить одинаковое наименование одного и того же объекта на разных языках и для людей разных культур. В противном случае невозможно будет обеспечить их сотрудничество. Вот почему лишь Международный астрономический союз уполномочен давать наименования небесным объектам. При этом Союз не занимается продажей названий небесных объектов и никогда не признает подобные действия, совершаемые другими организациями. Однако в 2013 году, учитывая большой общественный интерес, Союз проведет консультации, которые позволят выработать научно обоснованную процедуру присвоения новым планетам популярных имен, о чем и будет доложено публике. Пока что же действуют правила, с которыми можно ознакомиться на сайте Союза ([www.iau.org/public/naming/#exoplanets](http://www.iau.org/public/naming/#exoplanets)).

Нельзя сказать, что эти правила позволяют столь уж однозначно определить по имени небесного объекта, что это такое. Например, Бетельгейзе носит имена Альфа Ориона (то есть самая яркая звезда созвездия), HD 39801 (номер по каталогу Генри Драпера), HR 2061 (Гарвардский пересмотренный фотометрический каталог), и многие другие — по числу общепринятых звездных каталогов. А поскольку новые каталоги появляются с запуском чуть ли не каждой орбитальной обсерватории, потребность в унификации имен действительно назрела.

С.Анофелес

## Пишут, что...



...из 26 сильных землетрясений в районе Камчатки в 1998—2011 гг. для 22 были выявлены предвестники в реальном времени («Вулканология и сейсмология», 2013, 1, 85—95)...

...запуск российского радиоинтерферометра «Радиоастрон» позволяет надеяться, что будет окончательно доказано существование черных дыр («Вестник РАН», 2013, 83, 3, 216—226)...

...за год до открытия нейтрона, в феврале 1931 года, Л.Д.Ландау написал статью, в которой предсказал существование плотных звезд, подобных одному гигантскому атомному ядру; так мы сегодня представляем себе нейтронные звезды («Успехи химических наук», 2013, 183, 3, 307—314)...

...тренировки на бегущей дорожке во время космического полета эффективнее, если космонавт чередует бег с ходьбой, а не все время бежит («Физиология человека», 2013, 39, 2, 60—62)...

...в озере Байкал порядка 60 км<sup>3</sup> газогидратов, или более 8 тыс. км<sup>3</sup> метана («Доклады Академии наук», 2013, 449, 2, 219—222)...

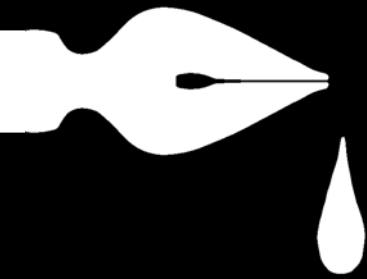
...у мышей удалось обратить состояние, напоминающее синдром Дауна («Nature Medicine», 2013, 19, 473—480, doi:10.1038/nm.3117)...

...в Уэльсе более 700 детей госпитализировано с корью, причем в Великобритании тысячи детей не вакцинировано после исследования 1998 года, которое показало, что вакцина MMR от кори, свинки и краснухи может быть причиной аутизма, но позднее не подтвердилось («New Scientist», 2013, 2913, 4)...

...астемизол, лекарство от сезонной аллергии, не только уменьшает экспрессию прионного белка на поверхности клеток в культуре, но и подавляет репликацию прионов в клетках («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2013, 110, 17, 7044—7049)...

...расшифрован геном латимерии — ближайшего родственника четвероно-





гих среди рыб («Nature», 2013, 496, 7445, 311—316, doi:10.1038/nature12027)

...в отличие от традиционных сельских популяций, в мегаполисах доля индивидов, все предки которых являются коренными жителями, ничтожно мала: 4,75% в Москве, 1,83% в Харькове и 3,13% в Минске («Генетика», 2013, 49, 4, 513—522)...

...малые интерферирующие РНК, или siRNA, способные выключать определенные гены у млекопитающих, теперь можно производить в бактериях («Nature Biotechnology», 2013, 31, 319—320, 350—356)...

...в нестабильность генома и перенос генетического материала важный вклад вносят квадруплексы — участки, в которых молекула ДНК как бы сложена вчетверо («Молекулярная биология», 2013, 47, 2, 224—231)...

...низкотемпературная, или «холодная», плазма сильно повреждает клетки бактерий и может использоваться для дезинфекции и стерилизации («Прикладная биохимия и микробиология», 2013, 49, 2, 164—170)...

...семейство Габсбургов — плод трехсотлетней работы естественного отбора по сглаживанию наихудших последствий межродственного скрещивания; обилие документальных свидетельств делает королевские династии идеальным объектом для изучения этого процесса («Heredity», 2013, doi:10.1038/hdy.2013.25)...

...рабочие пчелы в среднем живут около двух месяцев, но те, кто появляется на свет осенью, живут почти втрое дольше, при этом их способности к обучению не становятся хуже и к весне у них не наблюдается признаков старения («Journal of Experimental Biology», 2013, 216, 1638—1649)...

...в древнерусской литературе XV—XVI вв. иностранные инженеры часто выступают как символы, которые летописцы трактуют в библейском контексте («Вопросы истории естествознания и техники», 2013, 1, 67—76)...

Художник В. Мисюк



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Болезнь школы?

Кто мог сказать такие слова: «Наша школа превратилась в машину для сдачи тестов, и дети посещают ее вовсе не для того, чтобы учиться. Их цель — любой ценой набрать как можно более высокий балл. Того же добиваются и учителя, и школы в целом — ведь от числа набранных учениками баллов зависят и рейтинг школы, и заработная плата. Такая постановка задачи неизбежно приводит к пышному расцвету нарушений, начинающихся от банального списывания, которое стало повсеместным, и заканчивая должностными преступлениями всех участников процесса: учителей, администрации школ и даже руководителей отделов образования?»

Нет, это не противник приспособления остатков советской системы образования к нуждам рыночной экономики, считающий ЕГЭ в форме угадки абсолютным злом. Так думают некоторые американские учителя, работающие на родине системы стандартных тестов для оценки успеваемости, а их мнение изложил профессор Юго-восточного Луизианского педагогического университета Джеймс Курило, в недалеком прошлом лучший учитель Луизианы (агентство «NewsWise», 16 апреля 2013 года).

Продолжим его эмоциональную цитату. «Все, причастные к образованию политики, разговаривая о реформе системы образования, используют язык состязательности, продуктивности и конечного результата. В результате мы создали систему, неотъемлемым свойством которой стало деление учеников на победителей и проигравших. Никого не интересует социально-экономическая, эмоциональная и психологическая отчужденность, которую дети приносят в школу, никому нет дела до переполненных классов, никто не думает о том, адекватны ли сами предлагаемые тесты. Главное — победа. А ведь дети приходят в школу не побеждать, но учиться. Учителя должны не соревноваться друг с другом, а сотрудничать для того, чтобы повысить уровень каждого ребенка. Увы, наша школа больна и все сильнее отталкивает учеников от приобретения знаний».

А. Мотыляев



# Химические иероглифы: от Дальтона до эндодральных фуллеренов

**М.А.РЯЗАНЦЕВОЙ**, Самара: *Муравьиные укусы и ожоги крапивы советуют смачивать нашатырным спиртом или раствором соды по простой причине — HCOOH, хотя и слабая, но кислота, а эти растворы обладают щелочной реакцией.*

**С.Ф.МАСЛОВСКОЙ**, электронная почта: *Тейхоевые кислоты, углеводные фосфатсодержащие полимеры бактериального происхождения, с фейхоа никак не связаны — их название происходит от греч. teichos — стена, а фейхоа, как мы уже писали, — от имени первооткрывателя.*

**Л.А.АРСЕНЬЕВУ**, Москва: *Есть мнение, что чудо-ягоды годжи, которые российским ценителям китайской медицины рекомендуют от всех болезней, — это сушеные плоды дерезы обыкновенной Lycium barbarum, они в самом деле богаты витамином С, и везти их из Тибета необязательно.*

**С.С.ЗАВАРУХИНУ**, Санкт-Петербург: *Реку Чикаго ко дню святого Патрика с 60-х годов красили в зеленый цвет флуоресцеином, но в 2003 году он был признан вредным для реки, и теперь используют растительный краситель.*

**В.Н.ЗАЙЧЕНКО**, Киев: *Действительно, в старых словарях можно найти, что ppт — не только parts per million  $1 \cdot 10^{-6}$ , но и parts per mille —  $1 \cdot 10^{-3}$ , то есть промилле; но, насколько нам известно, второй вариант в настоящее время не употребляется, и это хорошо.*

**Т.П.ИВАНОВОЙ**, Углич: *Для создания запаха ландыша в парфюмерии используют 7-гидрокси-3,7-диметил-октаналь (гидроксицитронеллаль), а также 4-(4-гидрокси-4-метилпентил)-1-циклогекс-3-енкарбоксальдегид (лираль), 3-(4-трет-бутилфенил)-2-метилпропаналь (лилиальдегид).*

**Д.Н.**, Челябинск: *Отмыть чернила для принтера можно раствором одной части нашатырного спирта в пяти частях воды или промывочной жидкостью для того же принтера.*

**ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ:** *Скидки для школьников, учителей и студентов на архив журнала и подписку (см. hij.ru) по-прежнему действуют, однако не забывайте, пожалуйста, указывать в письме, хотите ли вы архив, подписку или то и другое*

С о времен Лавуазье химики не раз пытались унифицировать обозначения элементов и их соединений, сделать их более удобными и понятными для всех. В 1787 году Антуан Лавуазье, Луи де Морво, Антуан де Фуркруа и Клод Бертолле обсуждали давно назревшую реформу химической номенклатуры. Патриархи поручили подготовить соображения по новой системе записи молодым коллегами — Жану Ассенфрацу (1755—1827) и Пьеру Аде (1763—1832), а те предложили обозначать простые вещества простыми символами, а сложные — сочетанием этих символов. Например, кислород — горизонтальной линией —, азот наклонной /, водород и углерод — соответственно ) и (, серу и фосфор — значками ) и ( . Металлы обозначали буквами, взятыми из их латинских названий, — так, как сейчас обозначают все элементы. Но по традиции буквы помещали в кружок. Символ меди (cuprum) был похож на современный значок для авторского права: ©, символ свинца (plumbum) — на дорожный знак (или символ растворителя для сухой химчистки): Ⓟ. Символы кислот помещали в квадраты: □ для соляной кислоты (acidum muriaticum), □ для уксусной (acidum acetum) и т. д. Щелочи и «земли» обозначали буквами в треугольниках — вершинами вверх (поташ Р) или вниз (сода S, известь С, барит В, магнезия М). Комитет по номенклатуре при Академии наук одобрил эти обозначения, но химикам они не понравились: записывать неудобно, а печатать — тем более.

Следующий шаг предпринял основатель современной атомистической теории Джон Дальтон (1766—1844). До начала XIX века теория, согласно которой все вещества состоят из атомов, была чисто умозрительной и мало отличалась от воззрений древних. Даже ее сторонники не связывали ее с практическими задачами химии. Дальтон впервые начал рассматривать атомистическую теорию как реальность. Каждому известному элементу у него соответствовал свой сорт атомов, со своими массой и свойствами.

Как и некоторые его предшественники, Дальтон изображал символы элементов кружочками с буквами или другими значками внутри. Вот некоторые из символов Дальтона: водород  $\odot$ , углерод  $\bullet$ , азот  $\ominus$ , кислород  $\circ$ , фосфор  $\oplus$ , сера  $\oplus$ , натрий (и сода)  $\ominus$ , калий (и поташ)  $\ominus$ , магний  $\ast$ , кальций (и известь)  $\odot$ , железо  $\ominus$ , медь  $\odot$ , цинк  $\odot$ , серебро  $\odot$ , платина  $\odot$ , золото  $\odot$ , свинец  $\odot$ , ртуть  $\odot$ , барий  $\odot$ . Формула воды по Дальтону  $\odot \odot$ , аммиака  $\odot \odot$ , углекислого газа  $\odot \odot$ , серной кислоты  $\odot \odot$ . Эти формулы отражали не только качественный, но и количественный состав веществ — так, как они были известны в начале XIX века.

Дальтон, чтобы его теория была понятной и наглядной, демонстрировал на лекциях разноцветные кубики, которые символизировали атомы разных элементов. Из этих кубиков он составлял химические соединения. Не все слушатели Дальтона хорошо понимали его. Когда одного студента спросили, что такое атомы, тот ответил: «Атомы — это кубики, которые мистер Дальтон показывает на лекциях».

Символы Дальтона постигла та же судьба, что и значки французских химиков: они были неудобны как для запоминания, так и для записи. Революционное, хотя и очень простое предложение внес выдающийся шведский химик Йёнс Якоб Берцелиус. Он просто выкинул кружки и прочие геометрические фигуры, оставив только первую букву названия элемента на латыни. Если же эта буква у разных названий совпадает, можно вместо одной буквы взять две. Например, латинские названия известных химикам того времени элементов углерода (carboneum), кальция (calcium) и



ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

меди (сиргум) начинаются с одной буквы, поэтому символы для них C, Ca и Cu. Число же атомов в молекуле Берцелиус предложил записывать, как показатель степени в математике:  $SO^2$  для сернистого газа,  $SO^3$  для серного ангидрида и так далее. И хотя в 1835 году не менее знаменитый немецкий химик Юстус Либих предложил записывать число атомов в виде подстрочных индексов, запись по Берцелиусу химики использовали еще очень долго; ее можно видеть, например, в статьях и учебниках Д.И. Менделеева.

Впервые предложение Берцелиуса было опубликовано в январе 1814 года в журнале «Анналы философии», который издавал английский химик Томас Томсон. Статья была озаглавлена «О химических знаках и способе их применения для выражения химических пропорций». Как и у Дальтона, каждый знак в формулах Берцелиуса символизировал химический элемент и каждому элементу была поставлена в соответствие его относительная атомная масса. Зная относительные атомные массы, можно было по формуле рассчитать количественный состав вещества, конечно, если формула и атомные массы были правильные. Со статьей Берцелиуса быстро ознакомились все ведущие химики, и, как он и надеялся, ярлыки с новыми формулами появились на склянках с реактивами.

Сам Берцелиус отошел от этого принципа и начал «для краткости» обозначать, например, атомы кислорода точками, атомы серы и селена — вертикальными и горизонтальными черточками, атомы теллура — крестиками; чтобы показать удвоенные атомы, он перечеркивал соответствующий символ.

Так, вместо  $PbO$  у него  $\overline{Pb}$ , вместо  $MoSe_2$  символ  $\overline{Mo}$ , вместо  $CaTe$  символ  $\overline{Ca}$ , вместо  $Al_2O_3$  перечеркнутый горизонтально символ Al с тремя точками наверху  $\overline{Al}$ , а формула воды — это просто перечеркнутая горизонтально буква H с точкой наверху  $\overline{H}$ . Однако эта новация не прижилась — повезло наборщикам и верстальщикам.

Вот уже два столетия химики пользуются символами Берцелиуса. Изменений, если не считать вновь открытые элементы, немного: F вместо Fl для фтора, Be вместо Gl («глициний») для бериллия, U вместо Ur для урана — вот, пожалуй, и все. Однако существенно изменились атомные массы элементов и соответственно формулы многих веществ.

В заключение — о последнем иероглифе, сравнительно недавно попавшем в химические формулы, но известном давно. Это так называемый «commercial at» @ (сокращение от at the rate of — по цене), попросту говоря, «почтовая собака». Он используется в формулах фуллеренов, если внутри их полости находятся какие-либо атомы или молекулы. Такие соединения называются эндодральными. Например, формула  $M_m@C_n$  означает, что внутри фуллера с формулой  $C_n$  находятся, как в погремушке,  $m$  инкапсулированных атомов вещества M, например  $Sc_3@C_{82}$ . Такое обозначение позволяет отличать эндодральный фуллерен от обычного, к поверхности которого привиты различные атомы или группы атомов.

И.А. Леенсон



17-я международная  
выставка химической  
промышленности  
и науки

**ХИМИЯ**  
28–31 октября **2013**

Организатор: ЦВК «Экспоцентр»

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