

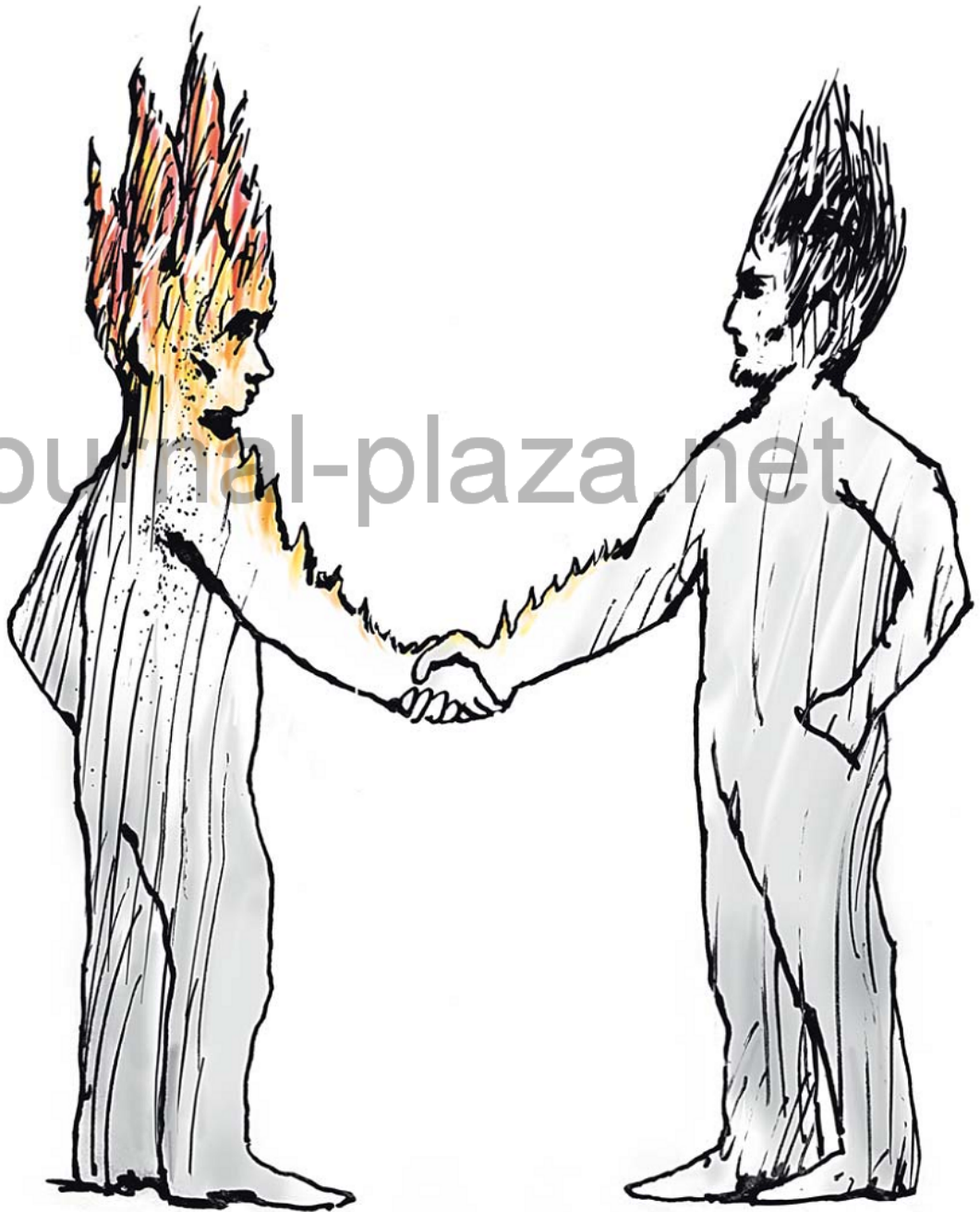


Ж

6  
2011

ЖИЗНИ И ВМШХ

journal-plaza.net





journal-plaza.net



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 7.6.2011

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

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Анны Эмили Лайтинен  
«Оставленный дом». Как организо-  
вать многочисленные похожие объекты  
во всем их разнообразии? Читайте об  
этом в статье «Индивид и ансамбль:  
молекулы, монетки, люди, звезды...».

*Моделирование биологических  
процессов часто напоминает  
моделирование соловья  
вербной свистулькой.*

*В.Я.Александров*

## Содержание

<b>Дискуссии</b>	
ЧЕМУ УЧИТЬ НА УРОКАХ ХИМИИ? Г.В.Эрлих.....	2
<b>Проблемы и методы науки</b>	
ПИРАМИДКА, КАРУСЕЛЬ И НОВАЯ ЦАРСКАЯ ВОДКА. М.М.ЛЕВИЦКИЙ, Д.С.ПЕРЕКАЛИН..	8
<b>Технологии</b>	
ФРЕОНЫ: ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ. А.А.Вакулка.....	13
<b>Вещи и вещества</b>	
ЯНТАРНАЯ КИСЛОТА: ЮВЕЛИРНАЯ РАБОТА. Р.Акасов.....	18
<b>Болезни и лекарства</b>	
ДИБАЗОЛ, ЛЕКАРСТВО ОТ ВСЕГО. В.Б.Прозоровский, С.М.Рамш .....	22
<b>Проблемы и методы науки</b>	
СОЛНЦЕ ВСХОДИТ И ЗАХОДИТ. И.Э.Лалаянц.....	28
<b>Дневник наблюдений</b>	
ВОПРОСЫ ВЕСА И КОРМЛЕНИЯ. Н.Л.Резник.....	33
<b>Книги</b>	
ЧТО НУЖНО ДЛЯ ЯЗЫКА? С.А.Бурлак.....	36
<b>Нанофантастика</b>	
БАБУШКИНЫ ЩИ. Валерий Цуркан .....	39
<b>Расследование</b>	
НА СМЕРТЬ ПОЭТА. ВЗГЛЯД ПАТОФИЗИОЛОГА. В.В.Александрин.....	40
<b>Размышления</b>	
ИНДИВИД И АНСАМБЛЬ: МОЛЕКУЛЫ, МОНЕТКИ, ЛЮДИ, ЗВЕЗДЫ... Л.Хатуль .....	44
<b>Земля и ее обитатели</b>	
РАССКАЗЫ ЮННАТА. Н.А.Паравян.....	48
<b>Наша книжная полка</b>	
ПОПУЛЯРНАЯ ХИМИЯ СТАЛИНСКОЙ ЭПОХИ. Е.Лясота .....	52
<b>Что мы едим</b>	
УКСУС. Н.Ручкина.....	54
<b>Фантастика</b>	
НЕШТАТНАЯ СИТУАЦИЯ. Сергей Берестнев .....	56
<b>Материалы нашего мира</b>	
ВО ЧТО ОДЕТЫ ДОРОГИ. М.Демина.....	64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	16	КНИГИ	43
ВОПРОСЫ-ОТВЕТЫ	26	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	12, 38	ПИШУТ, ЧТО...	62
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	51	ПЕРЕПИСКА	64



ДИСКУССИИ

# Чему учить на уроках химии?

Доктор химических наук  
**Г.В.Эрлих**

## «Терпеть не могу химию!»

Химическое образование, как и образование в целом, у нас пребывает в очевидном кризисе. Отчасти его проблемы вызваны непрерывными, непродуманными реформами. Внешне они выглядят как попытки пересадить на российскую почву западную систему и стандарты, а по сути представляют собой целенаправленное движение в сторону всеобщего платного образования, превращения его в платную услугу (с этой точки зрения проводимые реформы выглядят очень даже продуманными).

Другой корень проблем имеет не чисто российское, а глобальное происхождение. Это — всеобщее падение интереса молодежи к естественным (техническим) дисциплинам. Поразительно, но наиболее сильно эта тенденция выражена в высокотехнологических странах, таких, как США и Япония. Современная американская молодежь отдает предпочтение гуманитарной сфере, а опустевшую нишу в исследовательских

## Зачем нужна химия в школе?

подразделениях и на производстве заполняют выходы из Китая, Индии, стран бывшего СССР. Более всего мотивированы к получению естественно-научного образования школьники из африканских стран. Россия занимает промежуточное положение в точном соответствии с уровнем технологического развития, и все же падение интереса к естественным дисциплинам налицо, что не может не внушать беспокойства.

Со всей очевидностью эта проблема высветилась во время недавнего широкого обсуждения очередной грядущей реформы нашего школьного образования, переводящей естественные науки в разряд необязательных для изучения предметов, предметов «по выбору». Справедливости ради заметим, что отношение общественности к этой реформе в целом отрицательное — согласно опросу, проведенному ВЦИОМом 19—20 февраля 2011 года, 61% опрошенных высказались за сохранение действующей сегодня системы, когда все старшеклассники на базовом уровне осваивают основные 20 предметов. Показательно, что против реформы высказались в основном 25—44-летние (57%) россияне, наиболее активная часть населения, и жители средних городов (61%), оплот здравого смысла. (Не будем питать иллюзий. Общественное мнение в нашей стране интересуется только общественность. Власти же с упорством, достойным лучшего применения, доведут объявленную реформу до конца, чего бы им это ни стоило и к каким бы очевидным отрицательным последствиям в будущем это ни привело.)

В то же время почти четверть опрошенных идею реформы поддержала, а в ходе обсуждения в Интернете в адрес химии было сказано много нелицеприятных слов, вплоть до нецензурных. Лейтмотив этих высказываний: зачем я четыре года учил в школе химию, если она мне ни разу в жизни не понадобилась? Следует честно признать, что приведенное высказывание служит крайним выражением отрицательного отношения к химии значительной части общества. К химии как к части нашей жизни, к химии как науке и к химии как школьному предмету.

И в этом заключается еще одна, возможно основная, проблема современного химического образования. Оно вполне удовлетворительно справляется с работой с «одаренными» детьми, а вот успехи в подготовке будущих кадров для науки и производства гораздо скромнее: средний уровень знаний абитуриентов, поступающих в институты химического профиля, неуклонно понижается. Все прочие школьники, подавляющее большинство, приобретают если не отвращение, то стойкий иммунитет против химии, который сохраняется в их взрослой жизни.

У этого прискорбного явления множество причин. Часть из них находится за рамками школы — в обществе, государстве, властных структурах и соответственно могут быть решены только на этом уровне. Речь идет, например, об обязательном возврате в школы лабораторных работ, которые еще в начале 90-х годов были исключены де-факто по экономическим причинам. Без практической работы с веществом пробудить интерес к химии невозможно. Научить же чему-либо школьника, безразличного к твоему предмету, мягко говоря, трудно, а без побудительного стимула в виде выпускного и вступительного экзаменов так и вовсе невозможно. Следующий узел проблем — хемофобия, активно насаждаемая и раздуваемая средствами массовой информации с их апокалипсическими сюжетами и катастрофическими репортажами. При отсутствии позитивной информации у обывателя складывается впечатление о безусловной вредности, опасности и ненужности химии.

Но часть вины, и значительная часть, лежит на собственно школьном образовании. Если судить по результату, то учат не то и не так. Попробуем разобраться, в чем тут дело и что можно предпринять, чтобы выправить ситуацию. Проблема эта многогранна, поэтому сосредоточимся только на одном аспекте — содержании школьного учебника по химии, учебника для общеобразовательной, современной школы. Начнем же обсуждение с краеугольного вопроса.

Вопрос этот можно и нужно сформулировать более широко: какова цель образования вообще и химического образования в частности? Ответ на него далеко не однозначен. Более того, Н.Х.Розов и А.В.Боровских, чьи размышления были опубликованы в апрельском номере «Химии и жизни», полагают, что эта цель российским образованием утрачена, и объясняют этим хаотичность и непоследовательность проводимых реформ.

Действительно, вот далеко не полный перечень декларируемых целей образования, разнородность которого только подкрепляет царящий в этой области педагогического хаоса: подготовка к будущей профессии, к общественно-полезному труду, к будущей деятельности в обществе, к взрослой самостоятельной жизни, гармоничное развитие личности и развитие умственных и творческих способностей.

Еще одна цель образования была продекларирована недавно, после известных событий на Манежной площади, в которых приняло участие множество старшеклассников. В школе-де учат не тому и слишком многому, надо сократить время изучения предметов, а основное внимание уделить патриотизму и нравственному воспитанию. Такое высказывание можно было бы воспринять как курьез (ну, перепутал человек образование с воспитанием, бывает), если бы оно не исходило из уст депутата Государственной думы.

Но будем надеяться, что этим высказыванием законодательная инициатива депутата ограничится, и рассмотрим приведенные выше, более внятные цели. Основная из них, на наш взгляд, это развитие умственных способностей — тренировка памяти, обучение логике, умению устанавливать причинно-следственные связи, построению моделей, развитие абстрактного и пространственного мышления и т. д., всему тому, что отличает человека от животного. Определяющую роль в этом становлении человека играют естественные науки с их объективными законами и количественным подходом. Химия с ее вариабельностью, множественностью путей направления химических реакций и разнообразием средств воздействия на систему занимает в ряду естественных наук особое, если не центральное место именно как инструмент развития умственных способностей. Да, может сложиться так, что человек в своей профессиональной деятельности никогда не столкнется с химическими проблемами, но мозги-то ему потребуются, а «ставят» их в школе, в частности, с помощью изучения химии. Так что сугубо утилитарный подход — понадобится/не понадобится — здесь не годится.

Заметим, что сегодняшняя ситуация с химией весьма напоминает ситуацию с иностранными языками в прошлом. Подавляющему большинству населения СССР иностранный язык был совершенно ни к чему, потому что за границу если и ездили, то преимущественно на танке, а литература на иностранных языках исчерпывалась научными журналами для узкого круга специалистов, более того, хорошее знание иностранного языка в известные годы оборачивалось статьей обвинения. Тем не менее даже в разгар борьбы с космополитизмом и низкопоклонством перед Западом иностранный язык в школе преподавали, причем в объеме, превышающем сегодняшний курс химии. Объяснение этого парадокса чрезвычайно простое: задолго до большевиков было доказано, что изучение иностранных языков способствует развитию интеллекта в целом и памяти в частности, так что советская педагогика, отдадим ей должное, учитывала предшествующий опыт и опиралась на него.

Но, повторимся, одних только иностранных языков и других гуманитарных дисциплин недостаточно для формирования интеллекта современного человека. Четкое понимание того, как одни явления с неизбежностью порождают другие, составление плана действий, моделирование ситуаций и поиск оптимальных решений, умение предвидеть последствия предпринимаемых действий — всему этому можно научиться

только на базе естественных наук. Эти знания и умения необходимы всем, от домохозяйки до крупного государственного чиновника.

К чему приводит отсутствие этих знаний и умений, мы постоянно наблюдаем на примере действий наших властей, почти сплошь юристов, экономистов, государственных менеджеров. Как совместить призывы к инновациям в технологической сфере, углублению переработки сырья, внедрению энергосберегающих технологий и т. п. с курсом на тотальное сокращение естественно-научных предметов в школе и технических специальностей в вузах? Непонятно.

Следующая важнейшая цель школьного образования, опять же на мой взгляд, это подготовка к будущей взрослой жизни. Молодой человек должен войти в нее во всеоружии знаний о мире. А он включает не только мир людей, но и мир вещей, и окружающую природу. Знания о материальном мире дают естественные науки. Усиливающийся крен в сторону гуманитарных дисциплин приводит к тому, что молодые люди перестают понимать материальный мир и, как следствие, начинают бояться его. Отсюда – побег от реальности в виртуальное пространство.

Явление это распространенное, но, к счастью, не повсеместное. Оно и не может быть повсеместным, потому что кто-то же должен производить еду, лекарства, одежду, машины, компьютеры и прочие гаджеты для обитателей виртуального пространства. Большая часть людей живет все же в материальном мире, постоянно контактирует с различными веществами и материалами и даже подвергает их, часто неосознанно, различным химическим и физико-химическим превращениям.

Чтобы чувствовать себя в современном мире уверенно и безопасно, надо быть с веществом если не на «ты», то хотя бы шапочно знакомым. А эти знания человек получает в школе, на уроках химии. Он может забыть формулу серной кислоты, но обращаясь с ней всю жизнь будет с осторожностью. Спросите у него, откуда он это знает, в ответ он пожмет плечами: знаю — и все тут. Точно так же он не закурит на бензоколонке, и вовсе не потому, что видел, как горит бензин. Просто в школе на уроке химии ему объяснили, что бензин имеет свойство испаряться, образовывать взрывоопасные смеси с воздухом и гореть. Химически безграмотный человек в нашем мире легко может попасть впросак, причинить вред не только себе, но и окружающим. С этого станется закурить на бензоколонке, не только от разгильдяйства, но и по безграмотности.

Еще одна характерная примета нашего времени – разгул разного рода мракобесия, веры в сверхъестественное, в астрологию, обилие магов, предсказателей, ворожей, «народных целителей» и т. п. Давно известно, что лучший способ борьбы с предрассудками — просвещение народа, в первую очередь естественно-научное. С другой стороны, пренебрежение к изучению естественных наук с неизбежностью приводит к разгулу мракобесия, что мы наблюдаем воочию.

Эту проблему можно рассматривать и в более широком плане — как умение адекватно оценивать информацию, сыплющуюся на нас со всех сторон. Если безоговорочно верить всему, что преподносят нам СМИ, то жить становится страшно. Тут просто необходимо уметь отличать мнимые опасности от истинных, руководствоваться здравым смыслом, который есть не что иное, как понимание сути вещей. А это понимание дают только естественные науки, усвоенные хотя бы на уровне базовых принципов.

Возьмем, к примеру, рекламу — разного рода заманчивые предложения, сулящие решение всех ваших проблем без усилий с вашей стороны и со значительными скидками. Здесь тоже нужно обладать определенным запасом естественно-научных знаний, чтобы не попасться на удочку мошенников и шарлатанов, тем более что они часто ссылаются на достижения современной науки и употребляют всякие звучные термины — «матрица воздействия», «волновой геном», «ДНК-код», «молекулярное распознавание», «биоэнергетические поля» и т. п.

Страшно не то, что человек при этом потеряет деньги (хотя это, конечно, тоже неприятно), но он может нанести непоправимый вред своему здоровью или здоровью своих близких.

Человеком, лишенным естественно-научной базы образования, легко манипулировать как на бытовом, так и государственном уровне. Это в полной мере ощутили советские руководители — основная фронда в СССР исходила от предстателей технической интеллигенции. Но КПСС была вынуждена плодить и размножать эту интеллигенцию, потому что без нее нельзя было добиться преимущества в военно-политическом противостоянии с Западом.

У сегодняшней российской власти иные приоритеты, и основная ставка во внутренней политике делается на манипулирование людьми. Может быть, именно в этом кроется одна из причин последовательного выдавливания естественных наук из школьного курса? Если это так, то власти рискуют угодить в яму, которую они сами роют. Толпу, послушно голосующую «за», более искусные манипуляторы могут заставить двинуться в противоположную сторону, что доказали, в частности, упомянутые выше события на Манежной площади в Москве. Так что если мы хотим, чтобы молодые люди вступали во взрослую жизнь без груза предрассудков (включая расовые и националистические), чтобы они могли адекватно оценивать пропаганду и делать осознанный выбор, чтобы они были *свободными* людьми, без естественных наук нам не обойтись.

Если говорить о подготовке к будущей деятельности в обществе, то здесь на первый взгляд возможен утилитарный подход: понадобятся/не понадобятся. Собственно, именно его используют апологеты грядущей реформы: если школьник хочет в будущем стать модельером, финансовым директором или президентом страны, то зачем ему тратить время на физику, химию, биологию? Предоставим ему право самому выбирать, какие предметы изучать и в каком объеме, в соответствии с его склонностями и способностями. Однако проблема в том, что школьники в 14 лет за редчайшим исключением сами не знают, чего они хотят, они подвержены влиянию друзей, СМИ, кумиров и семьи. В прежние времена выбор будущей профессии делали в выпускном классе (или после службы в армии). Сегодня момент истины отодвинулся еще на несколько лет, и многие начинают всерьез задумываться о том, где работать и чем заниматься, только после получения диплома о высшем образовании в вузе (который они выбрали в свое время под давлением семьи, друзей или в результате поиска самого легкого варианта). Вот тогда-то они и делают выбор в соответствии со своими склонностями и способностями. Это одна из причин того, что значительная доля выпускников даже престижных вузов, получивших востребованные профессии, не идут работать по специальности.

Но все ли пути им открыты? Это зависит от того, какое образование они получили. «Естественноник» может стать кем угодно. Мы наблюдали это воочию во время постперестроечного экономического коллапса, когда научные сотрудники, инженеры и преподаватели технических вузов остались без работы и переквалифицировались в предпринимателей, биржевых брокеров, губернаторов, риелторов, бухгалтеров, журналистов и работников автосервиса. Многие из них достигали успеха во вновь обретенной профессии; достаточно сказать, что большая часть российских олигархов имеет естественно-научное или техническое образование. Все, кто знаком с русской литературой, знают, что из врача может получиться хороший писатель. А вот обратный переход невозможен. Гуманитарий не может превратиться в инженера или исследователя-экспериментатора, филолог если и станет медиком, то только шарлатаном.

Позволив себе кардинально сменить деятельность и добиться при этом успеха могут лишь люди с особым складом мышления, сформированным естественно-научным образованием, основы которого закладываются в школе. Предоставляя школьнику право «освободиться» от естественных наук, сделав «демократический» выбор, идеологи реформы в реальности ограничивают возможности выбора будущей сферы деятель-

ности. Это ущербный путь как с точки зрения обеспечения прав и свобод личности, так и с позиций государственной стратегии, ведь предсказать, какие профессии будут наиболее востребованы через 20 лет, невозможно.

## Цель определяет содержание

Цель столь длинного приступа к проблеме заключается отнюдь не в том, чтобы убедить вас в необходимости химии как школьного предмета. Уверен, что вы и так безоговорочно разделяете эту точку зрения. Люди же, придерживающиеся иного взгляда, вряд ли прочитают эту статью. Они, подозреваю, вообще ничего не читают, кроме выписок с личных счетов, блогов и Твиттера.

Для нас важно то, что содержание школьного химического образования и соответственно школьного учебника химии напрямую связано с целью образования. Лучшие современные учебники химии, написанные в русле советской (немецкой) педагогической школы, неплохо справляются с задачей развития системного мышления. В сущности, их содержание не сильно изменилось за сорок лет, что прошло с моей юности. В принципе, такой подход оправдан, ведь «ставить мозги» лучше всего на классических, многократно апробированных примерах. (Опять аналогия с языками: обязательное изучение «мертвых» языков в гимназиях XIX века.) Приемлем он и для подготовки к будущей профессии, которая подразумевает систематическое многолетнее образование, постепенное движение от «классики» к современности. Собственно, учащийся достигает и постигает современность только после окончания обучения, когда он приступает к работе по полученной специальности.

Но доля таких учащихся не превышает 10%, для подавляющего же большинства знакомство с химией начинается и заканчивается в школе. Поэтому важно вложить в них как можно больше сведений об окружающем их материальном мире, о веществах, материалах и технологиях, с которыми они могут столкнуться в повседневной жизни или прочитать в СМИ. На первый план выходят не теории и умозрительные схемы, а конкретное знание, современность. Речь уже не идет о систематическом образовании, а о фрагментарном освещении, и задача составителей школьных программ и авторов учебников сводится к тому, чтобы части этой мозаики сложились в более или менее целостную картину.

Еще одна проблема — создание у школьника мотивации к изучению химии. Проблема эта существовала всегда, решали и решают ее с помощью кружков, лекториев, химических олимпиад разного уровня и т. д. Так рекрутировали учащихся для будущего профессионального образования. Все остальные, подавляющее большинство, немотивированные к изучению химии, получили хоть какой-то минимум знаний на уроках химии. В свете грядущей реформы ситуация усугубляется: химическое образование школьника может закончиться, едва начавшись, если он не выберет химию как предмет для дальнейшего изучения. Это вынудит превратить вводный курс химии в своего рода рекламу широчайших возможностей химии и ее важнейшей роли в нашей жизни, чистой воды пропаганду, потому что сообщаемые сведения не будут базироваться на понимании сути явлений и могут быть восприняты только на веру. Увлечь школьника, побудить его заниматься какой-нибудь наукой можно, только поразив его воображение. Наше поколение поражали опытами «вулкан» и «фараонова змея». Для поколения Интернета и виртуальной реальности этого явно недостаточно. Необходимы более яркие, современные примеры. Попытаемся их найти.

## Свежая кровь

Привнесение свежей научной «крови» в школьные учебники химии не просто давно назрело, а прилично запоздало, ведь их содержание, как уже отмечалось, не сильно изменилось за



последние сорок лет. Проблема заключается в оптимальном выборе концепций, методов исследования и технологий, которые можно было бы рекомендовать для включения в школьный курс химии.

К ее решению можно подойти с разных сторон. В первую очередь со стороны максимального приближения учебника к реалиям нашей жизни. Необходимо, чтобы выпускник школы хотя бы понимал химические термины, которые могут ему встретиться в повседневной жизни. Но согласно результатам уникального исследования профессора Г.В.Лисичкина и А.В.Карпухина, из 240 наиболее часто встречающихся в СМИ химических терминов 80 отсутствуют в школьном курсе химии. Из материалов это, например, «керамика», «жидкие кристаллы» и «композиционные материалы». Еще более широк перечень «изгоев» в разделе «химическая технология и экология»: «возобновляемые ресурсы» (источники энергии), «топливные элементы», «биотопливо», «взрывчатые вещества», «отравляющие вещества», «аккумуляторы», «АЭС», «ПДК» и др. Понятно, что такая ситуация недопустима.

Второй аспект — это наиболее значимые достижения химии за последние 30—40 лет. «Утвержденного» списка этих достижений нет, поэтому я рискну привести свою, сугубо субъективную первую десятку в порядке перечисления, а не значимости.

1. *Открытие фуллеренов, углеродных нанотрубок, графена.* Иными словами — прогресс химии простых соединений, ренессанс неорганической химии. Открытие графена в 2004 году и Нобелевская премия по химии 2010 года, полученная за это нашими соотечественниками, пусть и работающими за рубежом, — именно тот факт, который может поразить воображение школьника.

2. *Сверхпроводящие керамики.* Еще один пример феноменального прогресса неорганической химии, что уж говорить о впечатлении от объектов, левитирующих в поле сверхпроводящих магнитов.

3. *Создание сканирующих зондовых микроскопов,* позволяющих «увидеть» атомы и изучать структуру вещества с атомарным разрешением. Эти «космические» устройства не могут не поразить воображение школьника.

4. *Органические полимеры, проводящие электрический ток.* Сам факт того, что органическое вещество проводит электрический ток, противоречит тому, что говорят об органических веществах в школе и одним этим привлекает внимание.

5. *Твердофазный синтез полипептидов и олигонуклеотидов.* В более общем виде — машинный синтез сложных органических соединений. Синтез «по программе» в полной мере отменяет умонастроению современных школьников.

6. *Расшифровка генома человека.* Вершина айсберга, включающего создание разнообразных методов трансформации ДНК, получение генетически модифицированных организмов, генную терапию и т. п. Все эти темы на слуху, их активно обсуждают в СМИ, они касаются каждого из нас и потому безусловно интересны школьникам.

7. *Полимерная цепная реакция (ПЦР).* Уникальная реакция, позволяющая размножать фрагменты молекулы ДНК, дополнила многочисленные типы химических реакций (соединения, разложения, замещения, полимеризации и т. д.) принципиально новым — размножением по шаблону. Не случайно, что

## Контурсы современного курса химии

создатель ПЦР Кэри Маллис получил Нобелевскую премию по химии. Генетический анализ, который уже становится неотъемлемым атрибутом медицины, невозможен без этой реакции.

8. *Прогресс микроэлектроники*, в более широком плане — прогресс в области получения полупроводниковых материалов и структур.

9. «Зеленая» химия. Принципиальный курс на разработку технологий, наносящих минимальный вред окружающей среде, а также технологий, использующих возобновляемые источники сырья, — это будущее, которое будут создавать нынешние школьники. И неплохо бы им об этом знать.

10 *Абиогенный природный газ*. Доказательство возможности абиогенного образования природного газа в земной коре переводит природный газ в разряд возобновляемых источников сырья и энергии и позволяет по-новому взглянуть на перспективы развития цивилизации.

Можно привести и другие примеры. Химия как наука претерпела за последние десятилетия существенные изменения и далеко ушла от тех концепций, которые излагаются в школьном курсе. В какой мере эти изменения должны быть отражены в школьном курсе химии? Или в более общем виде: насколько школьный курс должен соответствовать современному уровню развития науки?

Ответ на этот вопрос далеко не очевиден. В любом случае наука развивается быстрее, чем меняются школьные программы и учебники, и догнать ее невозможно в принципе. При этом в погоне за «современностью» можно утратить понимание фундаментальных основ науки, разъяснению которых и служит школьный курс. Так что вводить «современные» примеры в школьный курс химии следует взвешенно, осторожно и точно.

Впрочем, выбор примеров зависит от содержания курса, а здесь возможны два варианта.

### Модернизация или реконструкция?

Введение современных примеров в нынешний школьный курс химии, его «модернизация» — это, по сути дела, паллиатив. Тем более что этот курс в его нынешнем объеме останется только в профильных классах, а в общеобразовательной школе он будет сильно сокращен. Так что целесообразно вести разговор о коренной переработке курса, его реконструкции. Возможности привлечения современных примеров в этом случае расширяются, потому что можно построить курс на основе другой логики. Обсуждение конкретных методических вопросов, как совместить расширение круга современных примеров с сокращением объема курса (сделать это трудно, очень трудно, но, по моему глубокому убеждению, невозможно), выходит за рамки настоящей статьи. Сейчас нас интересуют общие вопросы.

Так почему же не любят предмет химию многие школьники, а также их родители, бывшие школьники, в том числе люди, не чуждые естественным наукам, вплоть до профессиональных физиков-экспериментаторов?

Помимо уже известного нам тезиса «никогда не понадобится», звучат следующие претензии: химия — предмет сложный для понимания, «мутный» и скучный, скопище разрозненных фактов, отсутствие закономерностей, сплошные исключения, которые надо тупо заучивать, обилие формализма. Мы-то с вами понимаем, что это не так, что те же претензии с большим основанием могут быть адресованы биологии и тем более медицине, но: глас народа — глас божий.

Можно, конечно, сетовать на отсутствие лабораторных работ, на сокращение часов, но часть вины за такой отрицательный имидж химии как школьного предмета лежит и на нас, химиках, и на педагогах. Нам не удается донести до учеников красоту и важность химии. Перечитав несколько комплектов наиболее популярных школьных учебников, вынужден с сожалением признать: действительно скучно. И детей жалко.

Каким должен быть курс химии, чтобы он мог увлечь современного школьника? Максимально приближенным к жизни, понятным, напористым, динамичным, поражающим воображение, интригующим.

Позволю себе привести примерный перечень главных, сквозных идей, которые, на мой взгляд, должны пронизывать весь этот курс и за счет этого накрепко засесть в головах школьников. Не буду скрывать, что многие из этих идей порождены представленными выше «претензиями» к химии как школьному предмету, служат противовесом им и средством исправления сложившейся ситуации.

1. *Область химии — весь материальный мир*. Конечно, эта мысль и так остается центральной в школьном курсе, и во всех учебниках приводится много сведений о строении и свойствах природных веществ. Однако на все это наслаиваются многочисленные реакции синтеза веществ. В результате с химией ассоциируются исключительно синтетические, искусственно полученные вещества, которые противопоставляются природным. «Кока-кола — это химия, а квас — натуральный продукт». Вполне допускаю, что некоторые из тех, кто разделяют эту точку зрения, с недоверием воспримут информацию, что квас состоит из молекул. Ведь молекулы — «это что-то химическое».

Более того, даже не все синтетические вещества и материалы ассоциируются с химией. Обычный человек назовет стиральные порошки и моющие средства, синтетические ткани и пластмассы, минеральные удобрения (часто с негативным оттенком, опять же с противопоставлением природным веществам). Куцый, скучный перечень, но таковы остаточные знания от школьного курса.

Причина этого заключается, я полагаю, в том, что школьный курс сконцентрирован на процессах, которые можно описать уравнениями химических реакций. Все прочие процессы получения и превращения веществ, как менее интересные с дидактической точки зрения, рассматриваются вкратце или вовсе выводятся за рамки курса. Наиболее показателен здесь раздел, посвященный кремнию. Процессам получения сверхчистого монокристаллического кремния, его легирования, превращения в микросхему, многочисленным химическим реакциям, протекающим при этом на поверхности кремниевой пластины, в большинстве учебников уделяется один-два абзаца. После этого неудивительно, что учащиеся «не видят» химии в компьютерах, мобильных телефонах, плеерах и прочих устройствах, которые заполняют их жизнь.

Под химией понимают воздействие химическим реагентом, при котором протекает некая химическая реакция, описываемая конкретным уравнением. Все прочие воздействия из арсенала современной науки и техники, включая различного рода излучение, плазму, даже температуру и электрический ток, приводящие к превращению вещества, рассматривают как физические, соответственно все вещества и материалы, получаемые с их помощью, стойко ассоциируются с физикой.

Чтобы вернуть химии подобающее ей место в представлении людей об окружающем мире, акцент необходимо делать на веществе как основном объекте химии, на материалах, на широчайших возможностях их трансформации с помощью различных воздействий, в том числе химических реагентов.

2. *Современная химия — «пир высоких технологий»*. Химия в изложении большинства школьных учебников выглядит чрезвычайно допотопной наукой, и это впечатление усиливается на фоне сообщений СМИ и различных научно-популярных телевизионных передач о феноменальных успехах и потрясающих открытиях в области биологии и физики (по разным причинам химии в СМИ и научно-популярной литературе уделяется значительно меньше внимания).

Конечно, цветные качественные реакции и титрование важны с методической точки зрения, особенно если школьник с их помощью своими руками определяет содержание каких-либо





веществ в объектах окружающей среды. Но в отсутствие лабораторных работ рассматривание соответствующих картинок в учебнике производит гнетущее впечатление. То же относится и к синтезу веществ в установках столетней давности. (Поразительно, но многие мои знакомые-нехимики, доктора разных наук, считают, что один из основных лабораторных приборов — реторта. Именно это слово почему-то засело в их сознании, не сохранившем со школьных времен даже формулы серной кислоты.) Химические технологии представлены домнами и ректификационными колоннами, вызывающими отвращение у всех школьников, особенно у увлеченных химией.

Необходимо показать школьнику, что химия — передовая наука, использующая в том числе все новейшие достижения смежных наук и технологий. И делать это надо с первого дня изучения химии, а не в выпускном классе, когда интерес к химии безнадежно утрачен.

Начнем с методов анализа. Чрезвычайно легко вписать даже в нынешний курс метод атомно-абсорбционного (атомно-эмиссионного) анализа, связав его с рассмотрением строения электронных орбиталей атома. Для объяснения принципа действия атомно-силового микроскопа также не требуется привлекать никаких дополнительных сведений, но вид этого прибора и описание его возможностей, несомненно, поразят школьника. После освоения в курсе физики рентгеновского излучения и интерференции полезно рассказать школьникам о принципах рентгенофазового и особенно рентгеноструктурного анализа, который позволяет установить точную геометрию молекул. Упомянем также хроматографию, хотя объяснить ее, как ни странно, сложнее, чем принцип действия атомно-силового микроскопа и других описанных приборов. Это потребует более глубокого описания в школьном курсе свойств поверхности и поверхностных явлений, что, впрочем, находится в русле современной науки и полезно, в том числе и с этой точки зрения.

Необходимо продемонстрировать школьникам несколько современных технологических приемов получения разнообразных веществ. Например, метод прямого синтеза веществ из атомов в варианте молекулярно-лучевой эпитаксии. Его чрезвычайно легко объяснить даже на начальном этапе изучения химии, потому что для него не требуется никаких специальных знаний. От этого химического процесса протягивается ниточка к столь любимым школьниками лазерам, а вид установок для молекулярно-лучевой эпитаксии, прообразов мини-фабрик будущего, восхищает даже специалистов.

Следует упомянуть также о машинном синтезе веществ, как в варианте твердофазного синтеза полипептидов и олигонуклеотидов по Меррифилду, так и в варианте комбинаторной химии. Нет нужды погружаться в конкретный, детальный химизм этих процессов, это требует дополнительных знаний и времени, главное — принцип действия и возможности использования. Я разделяю мнение многих коллег, что машинный синтез — это рутинная, убивающая романтику химии. Но такое уж сейчас время — неромантическое, и молодые люди, работающие в химии, не любят стоять у тяги, а отдают предпочтение различным автоматизированным установкам, исследовательским приборам и экранам мониторов. И надо показать школьникам, что химия может удовлетворить эти их устремления. А использование компьютерных технологий в химии достойно того, чтобы его вынести в отдельный пункт.

3. *Всесилие химии.* Лейтмотив: современная химия может получить все, что не запрещено природой; может придать веществу наперед заданные свойства; мы можем определить строение любого вещества и его содержание в объектах окружающей среды.

4. *Химия как количественная наука.* Необходимо усилить в школьном курсе разделы, посвященные физической химии — термодинамике, кинетике, равновесию, с проведением расчетов для нескольких конкретных примеров или хотя бы объяснением

принципов такого расчета.

5. *Предсказательная способность химии.* В химии множество закономерностей, позволяющих делать предсказания о свойствах веществ, но в нынешних школьных учебниках на эти закономерности наслаиваются разного рода частности и исключения, которых в химии действительно в избытке. Акцент, по моему мнению, следует сделать все же на закономерностях, пожертвовав частностями и исключениями. Необходимо познакомить школьников с работами в области установления соотношений «структура—свойство», а также с методами дизайна молекул и материалов. Дизайн — ключевое слово!

6. *Роль компьютерных технологий.* Современные школьники не мыслят жизни без компьютеров, поэтому необходимо постоянно подчеркивать широкое использование компьютерных технологий в химии для расчета характеристик молекул, их дизайна, установления структуры, машинного синтеза и т. д.

7. *Перспективы.* Все учебники грешат безапелляционностью, преподношением истины в последней инстанции, в какой-то мере это даже оправданно, потому что молодость любит определенность, сомнения приходят с годами вместе с размышлениями. В то же время молодые люди хотят видеть перспективу («перспективный/бесперспективный» — одни из самых употребляемых слов молодежного сленга), а вот этого школьный учебник химии им и не дает. Все сделано, причем сделано давно! Там больше нечего делать! Признаюсь, что именно так мы с товарищами относились к неорганической химии в школьные и студенческие годы. Как же мы ошибались!

Не надо бояться показать молодым людям, что в химии есть еще много неясного, есть точки роста, есть целые направления, которые предстоит разрабатывать им, если они выберут химию в качестве дела своей жизни. Водородная энергетика, материалы для квантовых компьютеров, утилизация диоксида углерода и спасение нашей планеты от климатической катастрофы, промышленная реализация процесса фотосинтеза, создание новой химической технологии на основе возобновляемых источников сырья, получение метаматериалов с отрицательным показателем преломления для плаща-невидимки — эти и другие задачи должны воодушевить молодых людей и привлечь их внимание к химии. Пусть не как к будущей профессии, но хотя бы как к школьному предмету, достойному изучения, — это интересно и может понадобиться!

Понятно, что такой курс — дело будущего. Ведь для этого нужны: программы, учебники, подготовленные учителя, педагогические эксперименты. Много работы.

Полный вариант статьи опубликован в сборнике «Естественно-научное образование: тенденции развития в России и в мире», под редакцией В.В.Лунина и Н.Е.Кузьменко, Изд-во Московского университета, 2011, с. 59—87.

# Пирамидка, карусель и новая царская водка

Кандидаты химических наук

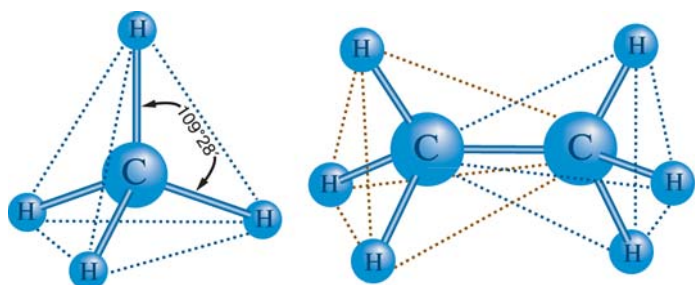
**М.М.Левицкий,**  
**Д.С.Перекалин**

## Расплющить углеродную пирамидку

*Чрезмерная теснота не только сближает, но и плющит.*

Юрий Татаркин

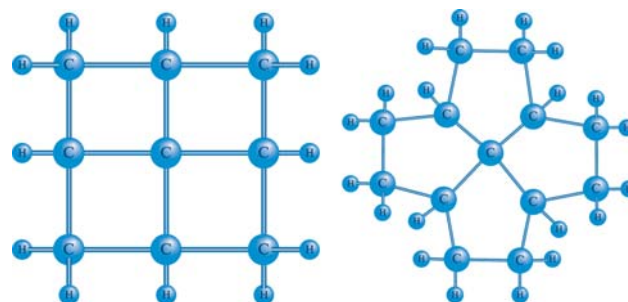
Если атом углерода имеет четыре заместителя, то его химические связи направлены к вершинам воображаемого тетраэдра, а он сам находится в центре. Все углы Н—С—Н одинаковы —  $109^{\circ}28'$ . Таково строение, например, молекул метана  $\text{CH}_4$  и этана  $\text{C}_2\text{H}_6$  (рис. 1, ребра тетраэдров показаны пунктирными линиями). Углерод в таких молекулах называют тетраэдрическим.



1  
*Тетраэдры углеродных атомов в метане и этане*

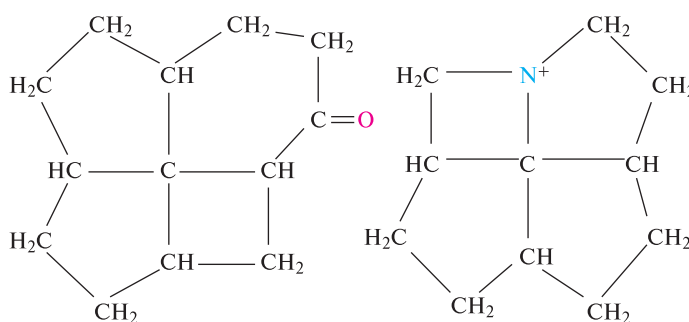
Какие бы ни были заместители у атома углерода (водород, галогены, HO- или  $\text{H}_2\text{N}$ -группы), тетраэдрическая форма сохраняется. Этот факт считался непреложной истиной с тех пор, как Якоб Вант-Гофф (первый лауреат Нобелевской премии по химии, 1901 год) предложил эту конструкцию для четырехзамещенного углерода. Исследования второй половины XX века по казали, что тетраэдр немного искажается, когда атом углерода входит в состав напряженных трех- или четырехчленных циклов. Постепенно химиков стала привлекать идея расплющить тетраэдр совсем и получить соединение, у которого все четыре связи атома С лежат в одной плоскости.

Теоретически задача понятна: если в некоторых циклах возможна небольшая деформация тетраэдра, то надо поместить атом углерода внутрь такого цикла, в котором не останется выбора и ему придется стать «плоским». Так созрела идея получить конструкцию, напоминающую оконный переплет (рис. 2), в центре которого находится плоская крестовина. Эти гипотетические соединения называли фенестранами (от латинского fenestre — «окно»).



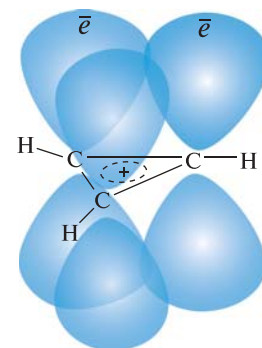
2  
*Возможные конструкции фенестранов*

Синтезировать именно такие молекулы не удалось, однако в результате многостадийных синтезов получились близкие по строению соединения, содержащие узел «оконного переплета» (рис. 3).

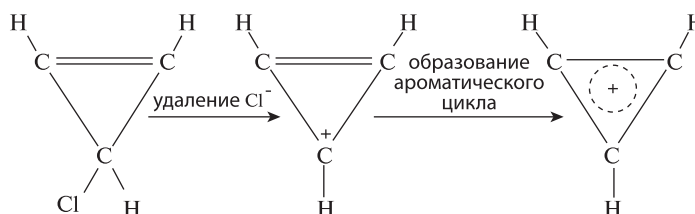


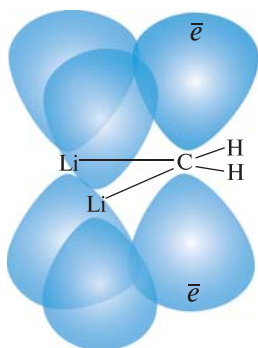
3  
*Синтезированные фенестраны*

Задачу тем не менее решить не удалось: мало того что молекулы фенестранов оказались напряженными и потому нестабильными, но и валентности центрального атома С не располагались в одной плоскости. Чисто геометрический подход, основанный на



4  
*Циклопропенил-катион*





формировании жесткой конструкции, к успеху не привел, и химики решили найти другое решение.

Вспомним, в каких случаях углерод имеет действительно «плоское» окружение. Это этилен и ароматические циклы (например, бензол) — известно, что в них атомы углерода и отходящие от них связи всегда лежат в одной плоскости.

Количество электронов, необходимое для образования циклической ароматической системы, определяется правилом Хюккеля: в сопряжении должно участвовать  $4n+2$  электронов, где  $n$  — число натурального ряда (0, 1, 2, 3 и т. д.). Но если  $n = 0$ , то получается, что для образования ароматического цикла достаточно всего двух электронов. Такая молекула существует — это циклопропенил-катион (рис. 4). Если от хлорзамещенного циклопропена отщепить анион  $Cl^-$  (например, действием  $SbCl_5$ ), то образуется нужный циклический катион всего с двумя  $p$ -электронами (те, которые образовывали двойную связь). У такого катиона есть две  $p$ -орбитали, на каждой из которых содержится по одному электрону, а еще есть пустая орбиталь у «нижнего» углерода, от которого хлор унес электрон. Правило Хюккеля соблюдается — орбитали перекрываются, и на них есть два электрона. Все связи усредняются, заряд (+) не располагается на конкретном атоме, а равномерно распределяется по всей молекуле, она стабилизируется — трехчленный цикл становится ароматическим.

Этот необычный катион навел химиков на мысль, что можно заменить два атома углерода другими элементами, которые могут быть и не соединены химической связью, поскольку сопряжение их потом объединит. Причем надо брать элементы, образующие только одну химическую связь, — например, щелочные металлы.

Именно такое соединение — дилитийметан  $H_2CLi_2$  — выбрал в 70-е годы XX века Пауль фон Шлейер (университет Джорджии, США) для теоретических расчетов. В резуль-

тате он выяснил, что линейный вариант строения молекулы  $Li-CH_2-Li$  энергетически менее выгоден, нежели угловой (то есть треугольная форма предпочтительнее). Очевидно, что образующийся треугольник тоже ароматическая система, как и циклопропенил-катион, только соединение с литием будет нейтральной молекулой. Впрочем, важно лишь, чтобы три перекрывающиеся  $p$ -орбитали содержали нужное количество электронов (два), а дилитийметан этим условиям полностью удовлетворяет: оба атома лития отдают по одному электрону атому углерода, и все три  $p$ -орбитали перекрываются, образуя ароматическую систему (рис. 5).

Как уже упоминалось, все ароматические циклы и отходящие от них связи всегда лежат в одной плоскости, следовательно, атомы водорода, углерода и лития тоже должны лежать в плоскости цикла. Вот он — долгожданный плоский углерод.

Напомним, что это были теоретические расчеты, которые желательно подтвердить экспериментально. Химики синтезировали дилитийметан ( $CH_2Cl_2 + 4 Li = CH_2Li_2 + 2 LiCl$ ), однако

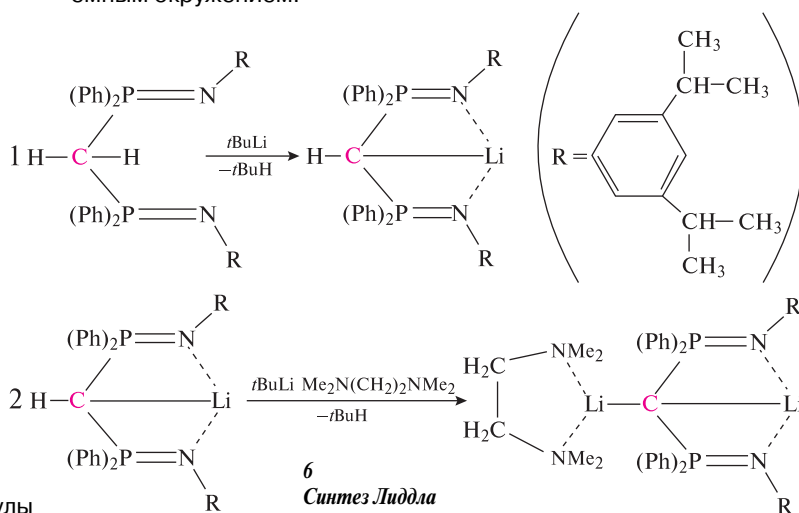


Стивен Лиддл

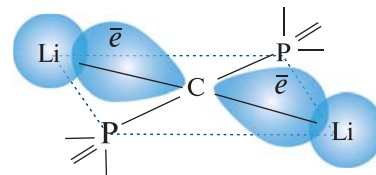


он образовывал агрегаты из многих молекул  $[CH_2Li_2]_n$ , поэтому получить экспериментальные подтверждения его структуры не удалось. Тем не менее химики уже не сомневались, что все связи атома углерода в этом соединении лежат в одной плоскости. Важная примета современной химии — теоретические расчеты указали химикам-синтетикам направление поисков.

Связи «углерод — щелочной металл» исключительно реакционноспособны, поэтому, чтобы получить устойчивое соединение и установить его структуру, надо было каким-то образом защитить эти связи. Главный шаг сделал в 2010 году профессор Ноттингемского университета (Великобритания) Стивен Лиддл. Он решил закрыть атомы лития объемными молекулами, так называемыми лигандами. Исходным соединением был метан, где два атома водорода замещены группами, имеющими «ветвистые хвосты» (рис. 6). Результат — молекула метана, у которого два водорода замещены литием, а два — атомами фосфора с соответствующим объемным окружением.

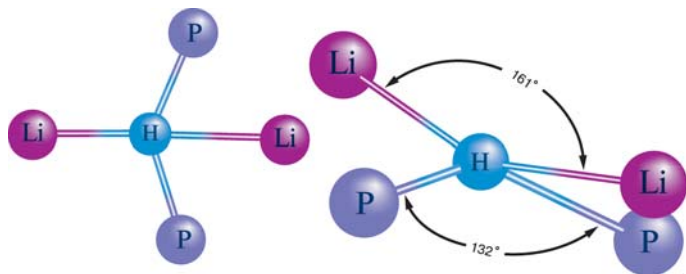


Полученное соединение оказалось стабильным, и химики наконец-то увидели с помощью рентгеноструктурного анализа его строение. Оказалось, что в молекуле нет ожидавшегося «ароматического треугольника»  $Li-C-Li$  (рис. 5), а атомы лития и фосфора расположились в вершинах мысленного квадрата (рис. 7, серый пунктир). Орбитали углерода и лития (имеющие сферическую форму) перекрываются, и именно это стабилизирует конструкцию.

7  
Электронное строение молекулы Лиддла

А как же самый главный вопрос — лежат ли все пять атомов (один C, два Li и два P) в одной плоскости? Рентгенострук-

турный анализ дал однозначный ответ (рис. 8): нет, поскольку угол Li—C—Li равен 161°, а угол P—C—P — 132° (если бы молекула была плоской, то оба угла были бы 180°). То есть углерод «не совсем плоский». Тем не менее если сравнить эту структуру с метаном (рис. 1), в котором все углы равны 109°, нельзя не оценить достижение Лиддла, сумевшего так сильно сплющить углеродную пирамидку.



8

*Истинная структура молекулы Лиддла*

Так можно ли получить абсолютно плоский углерод? Есть все основания полагать, что в нестабильном, образующем агрегаты дилитийметана  $H_2CLi_2$  (о нем речь шла выше), углерод все-таки абсолютно плоский. Но для того, чтобы это доказать, кто-то должен предложить способ стабилизации этого соединения.

## Новая «царская водка»

*Недавно изобрел универсальный растворитель.  
Теперь думаю в чем его хранить.*

*Фольклор химиков*

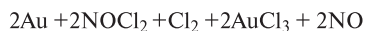
Производители спиртных напитков, желая привлечь покупателей, дают различным сортам водки звучные названия. «Царская водка» — звучало бы роскошно, но химик такой напиток вряд ли купит. Ведь это словосочетание означает нечто совсем неаппетитное — смесь двух кислот, растворяющую даже «царя металлов» золото.

Царская водка появилась во времена алхимии — это смесь концентрированной соляной и азотной кислот (3:1), которая превращает металлы в хлориды. Причем не только те, которые взаимодействуют с этими кислотами в отдельности, но и те, которые нерастворимы в каждой из них, например золото и платину.

Это происходит потому, что царская водка — не просто смесь кислот, а продукт их взаимодействия, в результате которого получают нитрозилхлорид и хлор.



Еще древние алхимики знали, что царская водка должна быть свежеприготовленной — при длительном хранении из нее улетучивается хлор, и она перестает «работать». Но если она свежая, то оба реагента царской водки взаимодействуют с металлическим золотом, и оно превращается в хлорид.



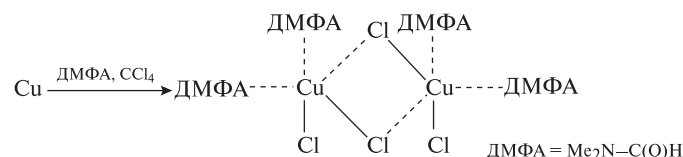
Этот хлорид золота присоединяет молекулу HCl, и образуется тетрахлорзолотая кислота  $H(AuCl_4)$ . Химики называют эти светло-желтые кристаллы хлорным золотом. С платиной реакция протекает точно так же, только хлорид платины присоединяет не одну, а две молекулы HCl, давая платинохлористоводородную кислоту  $H_2(PtCl_6)$ . При концентрировании раствора она образует красно-бурые кристаллы состава  $H_2(PtCl_6) \cdot 6H_2O$ .

Надо сразу отметить, что термин «растворение» мы используем условно — просто так принято называть взаимодействие с царской водкой. На самом деле это не истинное

растворение, при котором после удаления растворителя соединение остается в том же виде, в каком оно было до этого. В тех же случаях, которые мы здесь обсуждаем, металлы не просто растворяются, а превращаются в хлориды — это такая же химическая реакция, как и взаимодействие более активных металлов (цинка или железа) с соляной кислотой.

На протяжении почти всей истории химии свойства металлов были объектом пристального внимания ученых: их реакции с кислотами, после чего получаются соли, окисление с образованием оксидов, сплавление с серой, дающее сульфиды, и т. д. Но постепенно выяснилось, что металлы взаимодействуют не только с неорганическими кислотами.

В 90-х годах XX века исследователи обнаружили, что металлы можно растворять в органических растворителях. Причем внешне это выглядит примерно так же, как «растворение» металла в кислоте. Наиболее универсальной оказалась пара диметилсульфоксид (ДМСО,  $Me_2S=O$ ) — четыреххлористый углерод ( $CCl_4$ ). Такая смесь способна растворять многие металлы: Co, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Mo, W. Вместо ДМСО можно использовать диметилформамид (ДМФА,  $Me_2N-C(O)H$ ) — в результате получаются комплексы хлорида металла с ДМФА (рис. 9).



9

*Растворение меди в органических растворителях  
(координационные связи показаны пунктиром)*

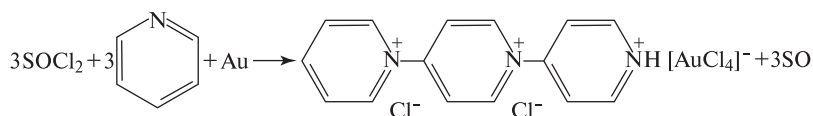
Почему нужны одновременно два растворителя? У них разные функции:  $CCl_4$  — галогенирующий агент, а ДМФА образует комплекс и удерживает полученное соединение в растворе. Впрочем, если вместо ДМФА взять амид муравьиной кислоты  $H_2N-C(O)H$ , он будет играть роль не только комплексообразователя, но и реагента — при этом образуется медная соль муравьиной кислоты.

Благородные металлы тоже не устояли. При действии на золото смеси диметилсульфоксида  $Me_2S=O$  (ДМСО) и бромидомида  $C_4H_9Br$  образуется  $AuBr_3$ .



Но есть еще более активная смесь, которая растворяет даже палладий и платину — для этого надо один из «растворяющих» компонентов  $C_4H_9Br$  заменить бромоводородом HBr.

В 2010 году профессор Вон Цзинбин (Технологический институт, штат Джорджия, США) совместно с коллегами нашел еще один способ переводить в раствор благородные металлы. Вначале он обнаружил, что золото растворяется в смеси пиридина  $C_5H_5N$  и дихлорсульфоксида  $Cl_2S=O$ . Молекулы пиридина образуют катион из трех соединенных молекул, и этот катион объединяется со знакомым нам уже анионом  $AuCl_4^-$  (рис. 10). Эксперименты показали, что такая органическая смесь растворяет и другие благородные металлы; причем вместо пиридина можно использовать диметилформамид (ДМФА), пиразин  $N_2(CH_2)_4$  и некоторые другие соединения. Только тионилхлорид оказался незаменимым компонентом.



10

*Растворение золота в системе  $SOCl_2$ -пиридин*



Вон Цзинбин



Напомним еще раз, что речь идет об условном «растворении», поскольку на самом деле происходит окисление металла и точнее это называть «окислительным растворением».

Основное достоинство новых систем в том, что, изменяя состав растворителей, их можно «настроить» на определенный металл. Например, в смеси  $\text{SOCl}_2$ -DMФА растворяется только золото, а платина не растворяется. Композиция  $\text{SOCl}_2$ -пиридин растворяет золото и палладий, но не платину. Меняя температуру и длительность процесса, можно добиться еще более тонкого разделения металлов. Все это можно использовать при очистке благородных металлов от примесей, извлекать их таким образом из отслуживших свой срок деталей электроники или отработанных катализаторов. Новая технология, возможно, пригодится и для формирования нанопокровов.

Найденные новые композиции « $\text{SOCl}_2$  — органическое соединение» — это удобная и к тому же сравнительно безопасная замена традиционной царской водки, которая растворяет все подряд.

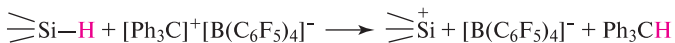
## Водородная карусель

*То вверх, то вниз, по кругу карусели  
несется этот разномастный строй,  
цвета смешались, нет конца и цели,  
и не понять, кто первый, кто второй.*

Райнер Мария Рильке

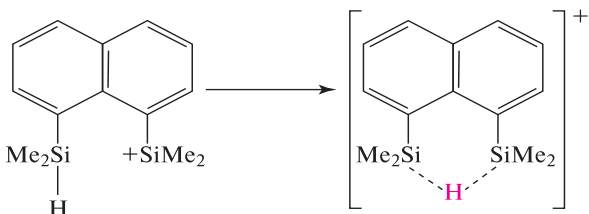
Фундамент всей органической химии — углеводороды, то есть вещества, в которых атомы углерода в молекуле окружены атомами водорода. Химическая связь C—H присутствует практически всегда и хорошо изучена.

Ближайший аналог углерода кремний тоже может образовывать связи с водородом Si—H, но только связь эта совсем другая. Электроотрицательность кремния, то есть способность притягивать к себе электроны, — ниже, чем у углерода, поэтому электроны в связи Si—H сдвинуты к водороду. Если оторвать от кремния атом H, то уйдет анион  $\text{H}^-$ , а кремний останется в виде катиона  $\text{Si}^+$ . Есть соединения, которые могут отобрать H у кремния, например соединение  $[\text{Ph}_3\text{C}]^+[\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]^-$  (рис. 11).



11

*Отщепление H от связи Si—H. В реакционной смеси катион без аниона не существует, но в схемах реакции иногда показывают только тот ион, с которым происходят превращения.*

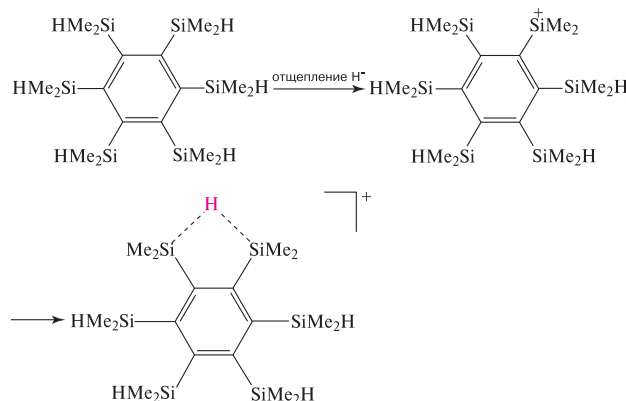


12

Образование фрагмента Si---H---Si

Самое любопытное происходит, если рядом с «обнаженным» атомом кремния  $\text{Si}^+$  окажется другой атом со связью Si—H (рис. 12). Тогда атом  $\text{Si}^+$  потянет на себя атом водорода от соседа, но полностью оторвать не сможет, и водород окажется в равноправном совместном владении двух атомов кремния. В результате положительный заряд теряет свое конкретное место, поэтому молекулу помещают в квадратные скобки (можно их изображать не полностью, а только часть правой скобки) и указывают, что это катион (+). Атомы кремния в такой молекуле одинаковы по своему положению и окружению, их называют структурно эквивалентными.

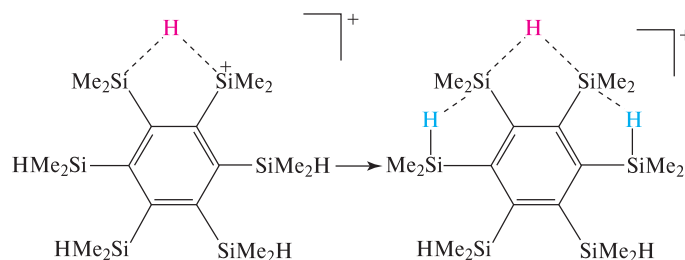
Что произойдет, если у триады Si---H---Si окажутся еще и соседи со связями Si---H? Это выяснил наш соотечественник, профессор Г.И.Никонов, работающий сейчас в Канаде. Он заместил все атомы H в бензоле группами  $\text{Me}_2\text{SiH}$ , а затем отщепил H от одного из атомов кремния. Вначале произошло то, чего можно было ожидать: атом H от соседней группы Si—H подтянулся к атому  $\text{Si}^+$  (рис. 13).



13

Образование фрагмента Si---H---Si в замещенном бензоле

На этом процесс не остановился, поскольку один атом H на два атома Si создал некую «неуютность». Каждому атому кремния хочется иметь свой атом водорода, вследствие этого и остальные также подтянули к себе водородные атомы от соседей. Правда, равноправного владения не получилось, поэтому одна связь показана пунктиром, а вторая — обычной палочкой (рис. 14).



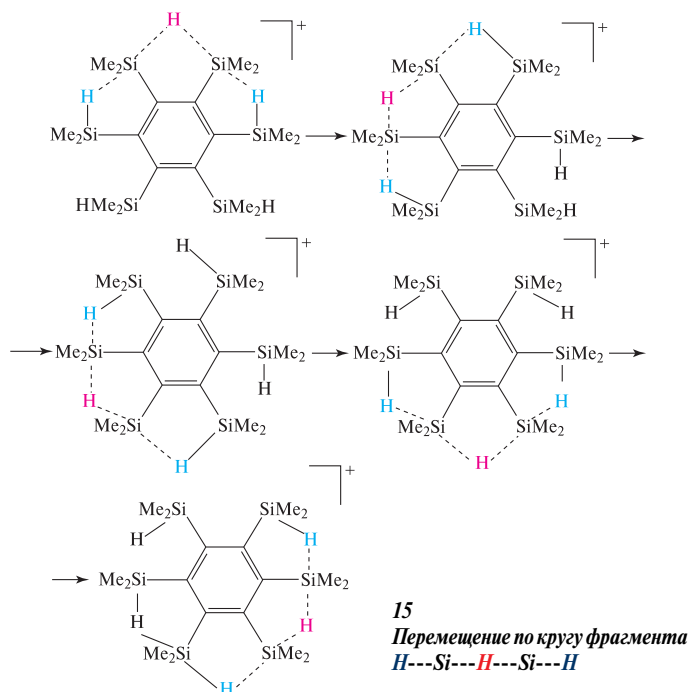
14

Образование фрагмента H---Si---H---Si---H

Возникает естественный вопрос: как стало известно, что молекула находится в таком необычном состоянии? Существует удобный спектральный метод ядерно-магнитного резонанса (ЯМР), который чаще всего применяют для наблюдения за атомами водорода. Этот метод «чувствует» неэквивалентность атомов и даже показывает, сколько типов неодинаковых атомов в веществе. В нашем фрагменте три типа атомов водорода: один — с двумя пунктирными связями, второй с пунктирной и сплошной, а еще есть водород только с одной связью Si—H. Это структурно неэквивалентные атомы водорода, что четко показал спектр ЯМР, полученный при  $-80^{\circ}\text{C}$  (на нем было три сигнала водорода в количественном соотношении 1:2:2).



Георгий Игоревич Никонов

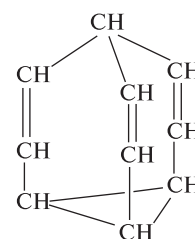


Спрашивается, зачем авторам вздумалось указывать, при какой температуре снимали спектр ЯМР? Это ключевая деталь. Потому что когда такой спектр сняли при комнатной

температуре, получили всего один сигнал для атомов водорода, связанных с кремнием, то есть все атомы водорода стали структурно эквивалентными. Дело в том, что при повышении температуры в игру включаются все атомы кремния, расположенные вокруг бензола, фрагмент  $\text{H---Si---H---Si---H}$  начинает быстро перемещаться по кругу (рис. 15), и получается «карусель». Она вращается так быстро, что спектр не успевает зафиксировать каждое отдельное состояние и показывает усредненную картину.

Если бы состояние атомов H в группировке  $\text{H---Si---H---Si---H}$  можно было отметить лампочками разного цвета, то мы увидели бы перебегающие по кругу цветные огоньки. Только представьте себе, как это красиво!

По красоте с полученной молекулой может сравниться, пожалуй, лишь бульвален (рис. 16), в котором двойные связи, треугольник и вершина (фрагменты CH) из-за быстро протекающих перегруппировок перемещаются по каркасу с высокой скоростью. Кстати, молекула бульвалена — эмблема химического факультета



16 Бульвален

в университете Карлсруэ (Германия), где ее впервые получил Герхард Шредер. Может быть, молекула «водородная карусель» со временем удостоится такой же чести и станет эмблемой химического факультета университета им. Исаака Брока (Сент-Катаринс, Канада), где ее синтезировал профессор Никонов.

## Подписка на Химию и жизнь

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

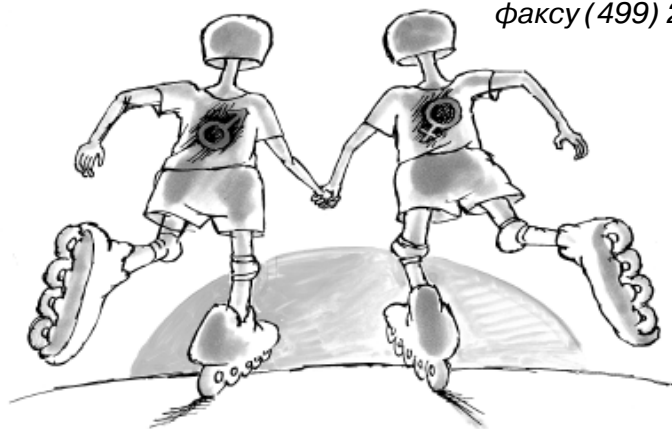
Стоимость подписки с доставкой по РФ: 690 рублей на второе полугодие 2011 года, или 115 рублей за один экземпляр.

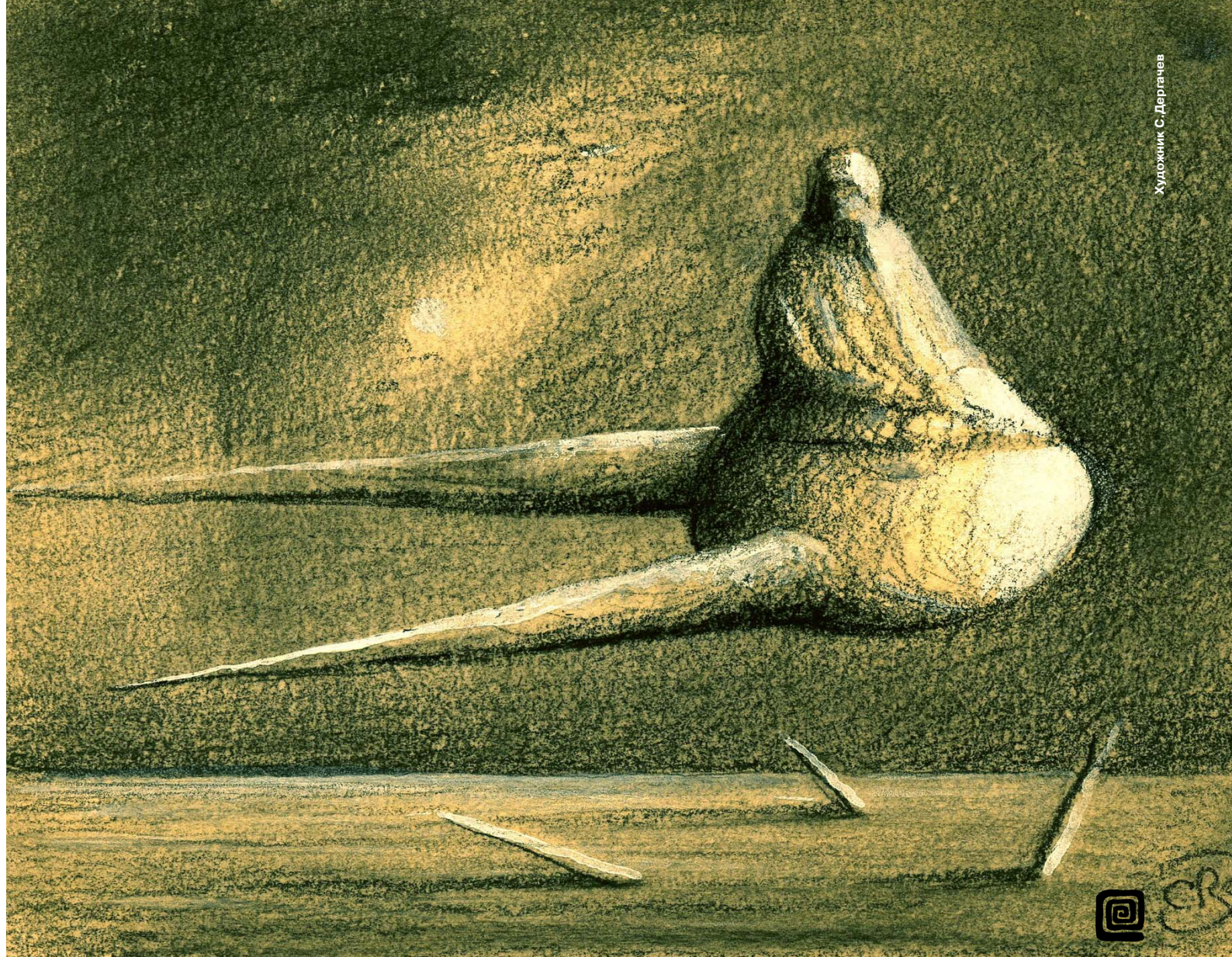
После оплаты надо прислать подтверждение в редакцию по факсу (499) 267-54-18 или по электронной почте [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru)

### Реквизиты для банковского перевода:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,  
ИНН/КПП 7701325151/770101001  
Банк: АКБ «РосЕвроБанк» (ОАО) г.Москва,  
Номер счета: № 40703810801000070802,  
к/с 30101810800000000777, БИК 044585 777  
Назначение платежа:  
подписка на журнал "Химия и жизнь-XXI век"  
с \_\_\_\_ по \_\_\_\_ 2011 г  
Адрес доставки, ФИО

Подписку можно оплатить электронными деньгами [www.hij.ru/kiosk.shtml](http://www.hij.ru/kiosk.shtml).





# Фреоны: продолжение следует

**А.А.Вакулка,**  
Институт Йозефа Стефана,  
Любляна, Словения

*Следует быть осторожным в любом случае.*  
Публий Сир

В наш бурный век проблема хлорфторуглеродов отошла на второй план. В самом деле: соглашения подписаны, многие страны потихоньку прекращают производство одних выпуска других. Но проблема в том, что идеальной замены для них пока не найдено. И эта задача рано или поздно потребует окончательного решения.

## ТЕХНОЛОГИИ

### История вопроса

Хлорфторуглероды вошли в обыденную жизнь в начале прошлого века. До 1931 года для получения низких температур использовали аммиак  $\text{NH}_3$ , воду  $\text{H}_2\text{O}$ , метан  $\text{CH}_4$ , диоксид углерода  $\text{CO}_2$ , пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$ , этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ , этилен  $\text{C}_2\text{H}_4$ , изобутан  $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$ , сернистый ангидрид  $\text{SO}_2$ , хлористый этил  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  и хлористый метил  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . Потом наступил переломный момент — в 1928 году химик Томас Миджли-младший дал полученному им дихлордиформметану название «фреон», а позднее эту торговую марку зарегистрировала компания «Дюпон» (на самом деле только дихлордиформметан можно называть фреоном, но это название давно стало общим для всего класса веществ). Новые соединения оказались носителями уникальных термодинамических свойств, инертными и нетоксичными, поэтому они очень быстро вытеснили все остальные хладагенты.

Фреон был первым хлорфторуглеродом (ХФУ, англ. аббревиатура CFC), который пошел в массовое производство. Затем число хлорфторуглеродов, производимых мировой промышленностью, стало быстро расти. Однако самые знаменитые среди них пять, поскольку они полностью обеспечивали рабочий диапазон температур от  $-41^\circ$  до  $+48^\circ\text{C}$ , создаваемый холодильными установками. Это трихлорфторметан ( $\text{CCl}_3\text{F}$ , или CFC-11), дихлордиформметан ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ , или

CFC-12), хлордифторметан ( $\text{CHClF}_2$ , или HCFC-22), трихлортрифторэтан ( $\text{CCl}_2\text{F}-\text{CF}_2\text{Cl}$ , или CFC-113) и дихлортетрафторэтан ( $\text{CClF}_2-\text{CClF}_2$ , или CFC-114).

Впрочем, все ХФУ используют не только как хладагенты в холодильных установках и кондиционерах. Многие из них — хорошие растворители, исходные вещества в крупнотоннажном синтезе полимеров, пенообразователи, диэлектрики, инертные жидкости и многое другое. Дихлордифторметан, например, отличный пропеллент (инертный газ, создающий давление в спреях), а трихлорфторметан применяли и как пропеллент, и в производстве пенополистирола.

В 1970-х годах американские ученые Шервуд Роулэнд и Марио Молина описали механизм разрушения хлорфторуглеродами атмосферного озона, за что позже получили Нобелевскую премию. В нижних слоях атмосферы эти соединения не разрушаются и ни с чем не взаимодействуют. Со временем они попадают в стратосферу, где под влиянием ультрафиолетового излучения распадаются, образуя радикалы. Именно этот механизм лежит в основе разрушения озона  $\text{O}_3$ . Хлорсодержащие фторуглероды, распадаясь в стратосфере, высвобождают радикал  $\text{Cl} \cdot$  (атомарный хлор), который взаимодействует с озоном и превращает его в кислород. При этом один радикал хлора может «испортить» около миллиона молекул озона. Именно поэтому, согласно официальной точке зрения, озон исчезает из стратосферы.

ХФУ объявили основными виновниками озоновых дыр, существование которых подтверждено с 80-х годов прошлого века. Ради справедливости надо отметить, что у этой теории существует немало противников. Тем не менее в 1987 году был подписан Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, согласно которому 150 государствам обязались прекратить производство некоторых хлор- и бромсодержащих фторуглеродов. Монреальский протокол предусматривал поэтапный вывод из обращения сначала ХФУ, а во вторую очередь — гидрохлорфторуглеродов, или ГХФУ (то есть соединений, молекула которых содержит еще и водород). В прошлом 2010 году первый этап завершился, и производство ХФУ первого поколения ( $\text{CCl}_3\text{F}$ ,  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ,  $\text{CClF}_2-\text{CF}_2\text{Cl}$ ,  $\text{CF}_3-\text{CF}_2\text{Cl}$ ) прекратили даже развивающиеся страны. Заметное снижение концентрации этих ХФУ, как считают ученые, произойдет только через 50 лет после прекращения их выброса в атмосферу — именно столько времени будут там циркулировать остатки хлор- и бромсодержащих фторуглеродов. При этом если они основные виновники уничтожения озонового слоя, то его восстановление должно занять еще больше времени.

А чем их заменить? Согласно современным представлениям, фторуглеводороды делятся на три группы: вещества с высокой озоноразрушающей силой (ХФУ), с низкой (ГХФУ) и полностью безопасные для озонового слоя, содержащие только фтор и

углерод или фтор, водород и углерод (ФУ и ГФУ). Получается, что с точки зрения «озоновой проблемы» наиболее перспективны ФУ и ГФУ — вот о них и пойдет речь.

## Суперстойкие

Сегодня известно, что фторуглероды — это одни из самых стабильных соединений, с которыми имеет дело человек. Для некоторых целей это огромное достоинство, но идея суперстойких газов, циркулирующих в атмосфере, оптимизма не внушает.

Например, известный газ трифторметан ( $\text{CHF}_3$ , HFC-23) может оставаться в тропосфере 260—270 лет. При этом только в 2009 году в атмосферу попало 8,6 тысячи тонн трифторметана, поскольку это побочный продукт получения хлордифторметана ( $\text{CHClF}_2$ ).

Для озона и здоровья живых существ фторуглероды не опасны. После начала действия Монреальского протокола ГФУ и ГХФУ считали неплохой и относительно безопасной альтернативой хлорсодержащим фторуглеродам, их производство росло, и концентрация в атмосфере увеличивалась со скоростью 15—20% в год. Это породило новый виток исследований, которые обнаружили, что все эти соединения гораздо более активные парниковые газы, чем  $\text{CO}_2$ . Действие определенной массы HFC-23 как парникового газа эквивалентно по эффекту 14 800 таким же массам углекислого газа.

Рассказывая о высокой инертности фторуглеродов, нельзя не вспомнить эталон стабильности — тетрафторметан ( $\text{CF}_4$ ). Его время жизни в атмосфере — около 50 000 лет (для сравнения, у гексафторэтана — 10 000 лет). Тетрафторметан разлагается лишь в крайне жестких условиях, например при контакте с нагретой до 1000° C вольфрамовой нитью или расплавленным натрием. Он может столетиями накапливаться в атмосфере, не взаимодействуя ни с чем.

Кроме тетрафторметана человечество производит и выбрасывает в атмосферу также гексафторэтан ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ), октафторпропан ( $\text{C}_3\text{F}_8$ ), и октафторциклобутан ( $\text{C}_4\text{F}_8$ ). Эти активные парниковые газы используют в производстве полупроводников, для тушения пожаров, а их жидкие перфторированные аналоги хорошо зарекомендовали себя как растворители и теплоносители (например, перфтор-1,3-диметилциклогексан  $\text{C}_8\text{F}_{14}$ ).

Перфторуглероды считаются безопасными для живых организмов и не накапливаются в них (это тщательно проверено на крысах), и все же эти вещества вызывают беспокойство ученых из-за своей стабильности. Поэтому в 1997 году был подписан Киотский протокол, предполагающий сокращение выброса парниковых газов, в том числе и фторуглеродов. Впрочем, этот протокол не ратифицировали США и Китай, и он гораздо менее четок, чем Монреальский. Кроме того, его действие заканчивается в 2012 году, и когда он будет продлен,

## Тефлон, сковорода и вечность

Конечно, не только газообразные фторуглероды — бастион химической неприступности. Известный полимерный материал тефлон ( $-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$ , политетрафторэтилен) не растворяется и не набухает в органических растворителях, не поддается химической деструкции и не разрушается ни одной из известных минеральных кислот (даже при кипячении в царской водке).

Однако при температурах выше 250—300° C тефлон все же разлагается и в присутствии воздуха образует целый ряд фторсодержащих органических соединений. Некоторые из них довольно опасны.

Дело в том, что в результате окислительно-го разложения тефлона образуется монофторуксусная кислота ( $\text{CH}_2\text{FCOOH}$ ), которую наш организм, не отличая связь  $\text{C}-\text{H}$  от связи  $\text{C}-\text{F}$ , принимает за уксусную. Он усваивает ее по циклу трикарбоновых кислот (он же цикл Кребса, см. статью о янтарной кислоте в этом номере), и при этом монофторуксусная кислота превращается во фторлимонную. После этого этапа цикл блокируется, в организме накапливается фторлимонная кислота, что при длительном воздействии может даже привести к гибели живого организма.

Тефлон широко используют как антипригарное покрытие для сковородок и кастрюль. Но количество тефлона, наносимое на одну сковороду, невелико,

и еще меньше образуется монофторуксусной кислоты, поэтому опасности нет. Перегревать тефлоновую сковородку, конечно, не стоит, но и в случае перегрева паниковать не нужно. Интересно также, что монофторуксусная кислота встречается и в природе — этот токсин можно выделить из ядовитого африканского растения *Dichapetalum cymosum*.

Вспоминя эпиграф, приходим к выводу, что со всеми суперстойкими соединениями надо быть очень осторожными. И тетрафторметан в атмосфере, и тефлон на свалке останутся неизменными сотни лет. Поэтому все подобные вещества надо собирать и перерабатывать, чтобы по возможности использовать снова.



не известно: согласование текста между развитыми и развивающимися странами — процесс непростой. Поэтому пока непонятно, будут ли предприняты дальнейшие шаги.

В принципе и сейчас при наличии доброй воли можно найти технические решения, которые уменьшили бы количество фторуглеродов, попадающих в атмосферу. Например, удалять фторуглероды из выбросов предприятий, для чего есть три наиболее популярных технологических приема: конденсация, адсорбция и мембранная фильтрация. Однако очистка — это не лучший выход, поскольку она дорого стоит и не всегда эффективна для крупнотоннажных производств. Наилучшее решение — оптимизация промышленного процесса таким образом, чтобы отходов, сбрасываемых в атмосферу, было как можно меньше.

## В поисках замены

Может показаться — ну сколько хладагента необходимо для работы холодильника или кондиционера (если учитывать только эти применения). Но их так много, что масштабы мирового производства получаются просто огромные. Ведь речь идет не только о бытовых охлаждающих приборах, но и об огромных промышленных холодильных установках и кондиционерах, которые есть на любых предприятиях, поездах, транспортных фурах и судах. По данным 1963 года, только в США на нужды холодильной техники требовалось  $5,44 \cdot 10^{10}$  кг хладагентов в год. Когда-то это был в основном HCFC-22. Сегодня их вытеснили более инертные и безопасные фторуглероды и их смеси - HFC-134a ( $\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{F}$ ), R-407a (смесь  $\text{CF}_2\text{H}_2$ ,  $\text{CF}_3\text{-CHF}_2$  и  $\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{F}$ ), R-407f (смесь  $\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{F}$ ,  $\text{CF}_2\text{H}_2$  и  $\text{CF}_3\text{-CF}_2\text{H}$ ) и R-410a (смесь  $\text{CH}_2\text{F}_2$  и  $\text{CHF}_2\text{-CF}_3$ ). По данным на 2009 год, только в США работа примерно 135 миллиардов единиц оборудования зависела от производства хладагентов.

Кондиционеров еще 40 лет назад было действительно не так много. Но в последние десятилетия начался лавинообразный спрос, и только в 2008 году в мире было введено в эксплуатацию 68,7 миллиона таких устройств. Большинство из них приходится на Азию и Северную Америку. По прогнозам к 2012 году мировой рынок насытится, и тогда на нашей планете будет работать примерно 85 миллионов кондиционеров.

Итак, сегодня хлор- и бромсодержащие фторуглероды, опасные для озонового слоя, заменили хладагенты второго поколения, гидрохлорфторуглероды. Тем не менее развитые страны планируют отказаться от некоторых из них к 2020 году, а развивающиеся — к 2030-му. Получается, что сейчас мир постепенно переходит на третье поколение — стойкие фторуглероды. Кстати, получать их технологически сложнее и соответственно дороже. Поэтому многие компании занимаются усовершенствованием и удешевлением методов их крупнотоннажного синтеза, а также поиском новых фторсодержащих углеводородных соединений.

Конечно, возможны и другие решения. Ведь кроме злополучных ХФУ, ГФУ и ФУ существуют и другие вещества, которые уже пробовали на каком-то этапе. Например, с точки зрения термодинамических свойств наиболее перспективный хладагент — обыкновенная вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Однако рабочее давление, создаваемое водой в холодильной установке, будет слишком высоким для использования такой машины в домашних условиях. Такого рода агрегаты более перспективны в исследовательских целях. Можно использовать углекислый газ, но такой холодильник будет просто взрывоопасен. Низкую температуру получают и с помощью сухого льда (твердый углекислый газ). При давлении 98 кПа его температура  $-78,9^\circ\text{C}$ . При этом теплота, необходимая для полного испарения сухого льда, равна 561 кДж/кг. Таким образом, холодопроизводительность килограмма сухого льда в 1,9 раза больше, чем у килограмма обыкновенного льда.

Перспективным считают использование в качестве рабочей смеси для бытовых холодильников азеотропной смеси пропа-



на ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) и n-бутана ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Этой смесью уже заправляют холодильники в Германии и широко внедряют ее в Китае и Индии. Правда, американское Агентство по охране окружающей среды ее запретило (оба газа взрывоопасны). Все перечисленные варианты возможны, но их невозможно применить в нужных масштабах, и они не могут составить серьезной конкуренции фторуглеродам. Поэтому приоритетным направлением остается поиск методик синтеза именно фторуглеродов.

Среди возможных путей получения самые перспективные — каталитическое присоединение фтороводорода (HF), каталитическая изомеризация (изменение строения без изменения состава), диспропорционирование (химическая реакция, в которой один и тот же элемент выступает и в качестве окислителя, и в качестве восстановителя) и копроцессионирование (обратный диспропорционированию процесс), а также каталитическое отщепление фтороводорода и гидро/дегидрогалогенирование. Развивая методики синтеза фторсодержащих углеводородных соединений нового поколения, ученые надеются получить более совершенные хладагенты, а также усовершенствовать (чтобы не было промышленных выбросов) и удешевить методы получения уже используемых соединений.

Например, довольно перспективный хладагент 1,1-дифторэтан ( $\text{CH}_3\text{-CHF}_2$ , или HFC-152a), альтернатива дихлордиформметана, удобно получать каталитическим присоединением фтороводорода к винилхлориду  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ . В качестве катализаторов можно использовать высокодисперсный оксид алюминия с добавками фторидов переходных металлов. Получение перфторуглеродов (не содержащих водород) — задача намного более сложная, ее нельзя решить с помощью одного лишь катализа. Вдобавок, к сожалению, не все известные лабораторные методы синтеза можно использовать в промышленности.

Однако это лишь технические подробности, а суть проблемы в том, чтобы обеспечить населению Земли высокий уровень жизни и при этом не уничтожить все вокруг себя. Земля — это шаткая равновесная система. Вывести ее из равновесия очень просто, а чтобы вернуть в прежнее состояние, нужны столетия. История развития технологий имеет и оборотную сторону. В последние сто лет не раз бывало так, что человечество приходило в восторг от результатов нового открытия, а потом они подпадали под строгий запрет. Сегодня мир отказался от хладагентов первого поколения. Теперь может возникнуть следующая проблема — с изменением климата (кстати, так и не известно достоверно, виноват ли в этом человек). Мы не можем отказаться от благ цивилизации: те же холодильники — это не только бытовые удобства, но и медицина, и пищевая промышленность. Однако необходимо отказаться от стратегии «после нас хоть потоп» и каждый раз тщательно просчитывать не только положительные стороны открытий и внедрений, но и возможные пагубные последствия. Так или иначе, поиск идеального хладагента, чудесного полимера, пропеллента и других полезных продуктов на основе фторуглеродистых соединений не окончен, — как говорится, продолжение следует.



### Эпигенетика вместо инсулина

Возможно, ученые смогут восстановить здоровье диабетиков, вмешавшись в регуляцию активности генов через метилирование ДНК.

«Developmental Cell», 2011, т. 20, № 4.

**Б**ета-клетки поджелудочной железы вырабатывают инсулин. Если они погибают, то у человека начинается диабет и он обречен на постоянные уколы инсулина. А нельзя ли эти клетки как-то восстановить? Такой способ хотят найти медики из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе во главе с доктором Анилом Бусханом. И речь идет не о превращениях в стволовые клетки и обратно.

В основе идеи доктора Бусхана лежит следующее наблюдение. Синтезирующие инсулин бета-клетки поджелудочной железы отличаются от производящих глюкогон альфа-клеток главным образом работой одного гена, ARX. В бета-клетках он, благодаря прикреплению метильной группы к цитозинам в определенном участке ДНК — так называемому метилированию, — отключен, а в альфа-клетках работает. Если же в бета-клетке отключить фермент, отвечающий за метилирование ДНК, то она превращается в альфа-клетку. Такие превращения характерны для эмбриональной ткани. А что, если существует аналогичный эпигенетический механизм обратного превращения альфа-клеток в бета-клетки, причем у взрослого организма? Для его поиска калифорнийские исследователи и предполагают объединить свои усилия.

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

### Замена сосуда

Впервые из стволовых клеток вырастили кровеносный сосуд и пересадили его пациентке.

«AlphaGalileo», 9 мая 2011 года.

**Ч**тобы провести операцию, исследователи из Гетеборгского университета во главе с хирургом, профессором Микаэлом Олауссоном взяли сосуд от донора, очистили коллагеновый каркас от всех живых клеток, а затем заселили его стволовыми клетками, взятыми из костного мозга пациентки. Через четыре недели у них в руках был готовый, живой кровеносный сосуд.

У пациентки, когда ей был всего год, закупорился сосуд, по которому кровь поступает в печень. Десять лет она жила с этим повреждением, пока не возникла опасность внутреннего кровотечения. Чтобы его избежать, нужно было проложить обходной путь для крови. В общем-то можно было воспользоваться сосудом самой девочки. Однако если бы подходящего сосуда не нашлось и операция прошла неудачно, пришлось бы пересаживать печень от донора, а это пожизненный прием препаратов, снижающих иммунитет. Поэтому шведские медики и решили запастись сосудом заранее.

Спустя три месяца Олауссон говорит, что операция прошла вполне успешно и без обычных осложнений.

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

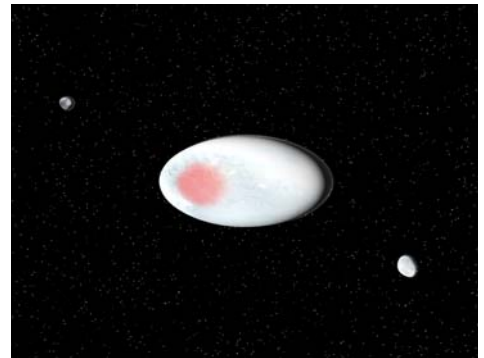
### Блестательная Хаумея

На малой планете есть кристаллический лед, что необычно.

«Astronomy & Astro physics», 2011, т. 528, с. А105, doi: 10.1051/0004-6361/201015011.

**К**ристаллического льда на поверхности космических тел быть не должно: излучение Солнца неизбежно разрушает кристаллическую решетку и для ее восстановления — рекристаллизации — требуется постоянный нагрев поверхности небесного тела выше некоторой температуры. Если же тело это находится далеко, аж за орбитой Нептуна, то тепла от Солнца на такую процедуру явно не хватит и лед останется аморфным. А вот у малой планеты, которую открыли в 2003 году, а в 2005-м назвали Хаумеей в честь гавайской богини плодородия и рождения, а также у одного из двух ее спутников — Хийяки (так гавайцы зовут дочку Хаумеи), кристаллический лед на поверхности есть. Это установили астрономы из Южной европейской обсерватории во главе с Кристофом Дюма. Именно благодаря льду планета и ее спутник очень ярко светятся.

У ученых появилось две версии относительно источника тепла. Первая — приливные силы, действующие на планету от ее спутников (у Хаумеи, кроме Хийяки, есть и вторая дочь — Намака). Вторая гипотеза интереснее — это радиоактивные элементы, калий-40, уран-238 и торий-232, которые изнутри подогревают Хаумею и Хийяки. Поскольку ни на одном малом теле кристаллического льда пока не нашли, эта планета может содержать аномально высокую концентрацию таких элементов. А это уже позволяет фантазировать о будущем использовании космического месторождения, многократно описанном фантастами. Так Хаумея становится интересным кандидатом для будущих исследований транснептуновых объектов. Жаль, лететь до нее далеко.



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

### Гриб управляет муравьем

Грибок, поселившись в насекомом, ведет его к гибели.

«BMC Ecoloogy», 9 мая 2011 года, doi: 10.1186/1472-6785-11-13.

**В** тропиках Таиланда живут муравьи-зомби. Они не работают, а слоняются по рабочим тропинкам, проложенным трудолюбивыми собратьями на верхних этажах леса. Движения их нетверды, походка расслаблена, передвижения бесцельны. Время от времени зомби падают и погибают в лесной подстилке, накрепко вцепившись челюстями в главную жилку какого-нибудь листа.

Как выяснили исследователи из Пенсильванского университета во главе с доктором Дэвидом Хьюгом, столь неадекватное поведение — следствие того, что в мозгу муравья поселился грибок *Ophiocordyceps unilateralis*, который и взял на себя управление мышцами и нервной системой насекомого. Это из-за него походка стала нетвердой и муравей свалился вниз. Это он в полдень, когда солнце светит ярче всего, заставил муравья воткнуть свои жвалы в жилку листа, а потом разорвал мышечные волокна, не позволяя жвалам разомкнуться.

А зачем все это грибку? Дело в том, что на верхних этажах леса ему слишком жарко и сухо. А внизу — хорошо, тепло и влажно. Там он даст плодовое тело (не-что похожее на булаву, растущую из головы муравья на фотографии) и взорвется

фейерверком спор. С током воздуха они поднимутся вверх и превратят в зомби новые жертвы. Ученые называют этот гриб паразитом, однако ведет он себя как настоящий коварный хищник.



**Гибкие датчики**

*Из эластомера можно делать миниатюрные устройства, с помощью которых умные материалы будут «чувствовать» давление и прикосновение.*

«AlphaGalileo», 13 мая 2011 года

Умный дом, самопаркующаяся машина, медицинский робот или робот-прислуга, одежда, помогающая движению... Все эти устройства, воплощающие мечты фантастов XX века, невозможны без датчиков — радаров, электронных носов, датчиков присутствия, движения, давления, термометров и много чего еще. Разработкой миниатюрных датчиков занято огромное число исследователей во всем мире. В частности, инженеры из вюрцбургского Фраунгоферовского института исследований силикатов во главе с доктором Хольгером Бёзе создали гибкий датчик давления.

Он состоит из слоя эластомера, к сторонам которого приделаны гибкие электроды. В эластомере молекулы полимера образуют более или менее плотную трехмерную сетку, что определяет его жесткость. Под нагрузкой сетка деформируется, толщина полимерной прослойки меняется, и при этом меняется ее электропроводность, что и можно зафиксировать. Эластомеры столь упруги, что могут двукратно сокращать свой объем под нагрузкой.

Одно из возможных применений — датчик, позволяющий определить позу человека в автомобильном кресле: ее важно знать при срабатывании подушки безопасности в случае аварии. Установив датчики в полу, можно заметить, что человек подошел слишком близко к опасному оборудованию, а встроив в одежду — проанализировать последовательность движений (это поможет спортсменам улучшать свои результаты). В общем, поскольку упругость эластомеров меняется в широких пределах, из них можно изготовить множество недорогих датчиков для самых разных целей.

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

**Электронно-провод**

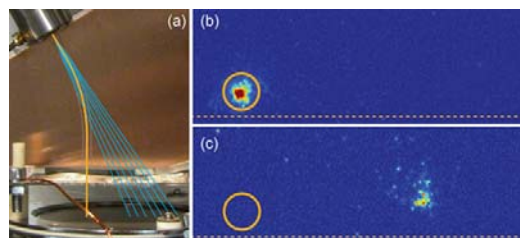
*Создано устройство, по которому можно передавать поток свободных электронов, так же, как передается поток фотонов по оптоволокну.*

«Physical Review Letters», 2011, т. 106, № 19, с. 3001, doi: 10.1103/PhysRev-Lett.106.193001

До сих пор движением электронов, вылетевших из разогретого катода, управляли, комбинируя магнитное и электрическое поля. Это не всегда удобно. Новый, чисто электрический способ управления движением свободных электронов предложили исследователи из Института квантовой оптики Общества Макса Планка во главе с доктором Петером Хоммельхофом.

Они использовали ловушку, за которую Вольфганг Пауль получил Нобелевскую премию в 1989 году. Ловушка Пауля состоит из четырех электродов; между ними пульсирует переменное электрическое поле, и попавшая в его центр заряженная частица остается на месте. Чтобы удержать электрон, нужна высокая частота пульсаций — сто мегагерц.

Несколько лет назад ученые создали методами микроэлектроники протяженную ловушку Пауля — длинный электрод с пульсирующим внутри него электрическим полем. Заряженная частица имеет возможность двигаться вдоль оси созданного полем туннеля на расстоянии в полмиллиметра от электрода, а выйти за его пределы может, лишь набрав большую скорость в этом направлении. Группа Хоммельхофа воспользовалась таким решением для электрона. Они вводили в ловушку поток электронов, и те, когда микроволновое поле было включено, летели строго вдоль электрода, повторяя его изгибы (самая левая линия на фото), в частности повернув на угол 30 градусов, что и зафиксировали датчики (фото справа). Поскольку поток электронов был расходящимся, многие из них покинули ловушку. Но в будущем Хоммельхоф применит узкий поток электронов, полученных от сверхострой металлической иглы. Тогда с электронопроводом можно будет ставить интересные опыты.



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

**Борьба с засухой по-бельгийски**

*Этилен мешает растению хорошо пережить засуху.*

«Nature Biotechnology», 2011, т. 29, с. 212, doi:10.1038/nbt.1800.

Борьба с засухой — предмет многих исследований, однако они зачастую направлены на то, чтобы помочь растению пережить жесткую засуху. С выживаемостью растений есть успехи, но вот урожайность от этого не растет. Как установили биологи из Гентского университета во главе с Александрой Скирич, дело в том, что на самом деле надо изучать не экстремальную, а умеренную засуху, потому что даже при небольшом недостатке воды растение резко сокращает скорость роста.

Причина этого — вмешательство растительного гормона этилена. Он появляется, в частности, при недостатке влаги и тормозит деление клеток. С точки зрения растения это разумно: началась засуха, неизвестно, когда еще дождь пойдет, значит, скудные запасы воды надо растянуть подольше. Но для культурных растений такая стратегия не подходит: ведь человек может доставить воду на поля в любой момент. Растению надо только положиться на человека и не заботиться о будущем. Вот на способы борьбы с излишним производством этилена и предполагают направить свое внимание ученые из Бельгии.

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

**Бактерия бьет плазмодий**

*Бактерия из кишечника комара может убивать малярийного паразита.*

«Science», 2011, т. 332, № 6031, с. 855, doi: 10.1126/science.1201618

О том, что малярийный комар сам страдает от паразита и его надо лечить, мы уже писали (см. «Химию и жизнь», 2011, № 3). Теперь же выяснилось, что комар не беззащитен перед заразой. В его кишечнике живет бактерия, которая производит свободные радикалы, способные уничтожить малярийного плазмодия, — тогда комар становится не только здоровым, но и безопасным для человека. Как отметили исследователи из Университета Джона Хопкинса во главе с Георгием Димопулосом, выделенная ими разновидность энтеробактера, которая найдена у четверти комаров в Замбии, на 99% тормозила развитие плазмодия как непосредственно в комаре, так и в пробирке. Есть надежда, что опрыскивание малярийных болот препаратом с энтеробактером окажется как минимум не менее эффективным, чем опрыскивание ДДТ или поливание луж керосином из чайника.

Малярия сейчас стала уделом южных слаборазвитых стран, и богатые северные страны, несущие «бремя белого человека», выделяют немало средств на борьбу с ней. А может быть, кому-нибудь из отечественных исследователей придет в голову мысль проверить эту идею и на менее оплачиваемом, но более опасном для наших мест паразите — возбудителе энцефалита?



# Янтарная кислота: ювелирная работа

**Р.Акасов**

Не многим веществам так повезло с названием, как янтарной кислоте. Им она обязана источнику, из которого ее впервые выделили еще в середине XVI века, — янтарию. Впрочем, сегодня благородное происхождение не приносит янтарной кислоте особых привилегий — она скорее служанка, участвующая в синтезе многих органических веществ. А ее саму, как правило, получают из

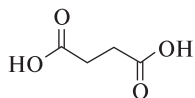
нефти. Но это только пока. Биотехнологи уже не первый год работают над идеей промышленного получения янтарной кислоты с помощью микроорганизмов. Это позволит не только экономить нефть, но и найти для янтарной кислоты дополнительные области применения. Однако чтобы новый путь ее получения стал реальностью, ученые вмешиваются в пути куда более тонкие — метаболические, то есть те, по которым живет и регулирует свои процессы клетка. Ювелирная работа — для «ювелирной» кислоты.

## На распутье

Ежегодно в мире производят около 25 000 тонн янтарной кислоты. Это немного, особенно если иметь в виду, что она предшественник примерно тридцати ценных органических соединений. Ее используют при производстве ионообменных смол и растворителей, в пищевой промышленности и фармацевтике. Тем, кто минувшей зимой застревал в аэропортах, будет особенно интересно узнать, что соли янтарной кислоты применяют в качестве антиобледенителей на взлетных площадках и важных участках дорог. Саму кислоту тоже получают химическим путем. Как правило, цепочка превращений в самом общем виде выглядит так: нефть — н-бутан — малеиновый ангидрид — янтарная кислота.

Чем плохо такое положение дел? Химический синтез требует дорогих катализаторов, высоких температур и давления. Поэтому процесс недешев, а использование тяжелых металлов и органических растворителей создает экологические проблемы. Конечно, существуют и другие способы получения янтарной кислоты. Так, ее извлекают в качестве побочного продукта при производстве адипиновой кислоты или при окислении углеводов. Но эти способы не позволяют получать большие количества вещества и не решают главной проблемы: стоимость янтарной кислоты растет вместе со стоимостью углеводов, что, разумеется, ограничивает области ее применения.

А вот биотехнология готова предложить способ, при котором производство янтарной кислоты не будет зависеть от цены на нефть. Для этого надо использовать микроорганизмы. Они способны потреблять растительное сырье и превращать его в янтарную кислоту — наподобие того, как происходит биосинтез этилового спирта или молочной кислоты. Если данный продукт будет дешев, то уже из янтарной кислоты смогут получать тот самый малеиновый ангидрид, который сейчас



служит для нее сырьем. А следующий шаг — экономически выгодное производство из янтарной кислоты биоразлагаемых полимеров.

Министерство энергетики США (DOE) и Европейская комиссия включили янтарную кислоту в список из 12 веществ, которые в ближайшем будущем начнут производить из биомассы и вытеснят продукты нефтехимического синтеза. Потенциальный рынок янтарной кислоты при этом оценивают как минимум в 300 000 тонн в год, то есть ее производство может возрасти сразу на порядок. Не исключено, что в более далекой перспективе ее оборот составит один-два миллиарда долларов ежегодно. Впрочем, прежде чем давать прогнозы на завтра, стоит заглянуть и в день вчерашний.

## От алхимии — к биологии клетки

История янтарной кислоты началась в середине XVI века, когда немецкий алхимик Георгиус Агрикола взял кусочек янтаря и подверг его, как сказали бы химики, сухой перегонке — то есть поместил в закрытый сосуд и стал нагревать без доступа воздуха. Естественнотыпатель часто без всякого почтения относятся к веществам, которые другие люди почитают за ценные. Два столетия спустя

Лавуазье на глазах публики сожжет под стеклом алмаз, чтобы доказать, что тот состоит из углерода. Агриколе его поступок, конечно, обошелся дешевле, да и цель могла быть более практической: будучи еще и врачом, он, несомненно, интересовался целебными свойствами, которые молва приписывала янтарю. А в арсенале ученых того времени было не так много способов проверить то или иное предположение. Результат эксперимента, вероятно, алхимика не впечатлил. Янтарь под действием температуры разложился, и в сосуде осталась твердая смола — канифоль, желтая маслянистая жидкость — янтарное масло и бесцветные кристаллы — янтарная кислота собственной персоной.

Позже ученые определили ее формулу —  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ , придумали систематическое название — бутандиовая, она же этан-1,2-дикарбоновая. А вот ее соли и эфиры сохранили, хоть и в неявном виде, благородное имя — их называют сукцинатами, от латинского слова *succinum* — янтарь.

Важное открытие было сделано, когда янтарную кислоту обнаружили в цикле трикарбоновых кислот (он же цикл Кребса, он же цикл лимонной кислоты). Это один из ключевых биохимических процессов, с помощью которого клетка получает энергию и многие «строительные блоки» для своего обновления. Правда, в каждый отдельный момент янтарной кислоты в организме немного — ферменты быстро синтезируют ее из альфа-кетоглутаровой и так же быстро превращают в фумаровую. Но при некоторых условиях янтарная кислота может накапливаться — в самой клетке или во внешней среде. Например, это происходит при производстве вина или пива. Относительно высокие концентрации кислоты находят в буром угле. Ископаемые смолы, к которым относится и янтарь, также содержат повышенное количество янтарной кислоты — до 8%. Кстати, янтарем обычно называют только те смолы, в которых ее содержание не менее 3%. Так что свое название янтарная кислота вполне оправдывает.

## Вакансия — продуцент

Синтезировать янтарную кислоту для своих нужд способны почти все живые существа. Но для ее промышленного получения нам нужен суперпродуцент, то есть организм, в котором синтез янтарной кислоты происходит без всякой меры. Найти такой непросто, но даже на этом трудности не заканчиваются.

Например, достаточно много янтарной кислоты способен выделять плесневый гриб *Aspergillus niger*. Если его культивировать, ограничивая доступ кислорода, то он способен продуцировать до 1,5 моль янтарной кислоты на моль глюкозы. Это очень хороший показатель, но



## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

объектом промышленного интереса *A. niger* так и не стал, поскольку выделяет много побочных продуктов. Кроме того, грибы относятся к эукариотам и поэтому синтезируют янтарную кислоту внутри митохондрий — органелл, которые отвечают за окисление веществ и выработку энергии. Чтобы выйти за пределы грибной клетки, янтарной кислоте надо преодолеть две мембраны — самой клетки и митохондрии. У бактерий же янтарная кислота синтезируется непосредственно в цитоплазме, поэтому продукт более доступен. Хотя грибы все-таки имеют одно, но важное преимущество перед бактериями — они устойчивы к кислой среде. Это пытаются использовать исследователи, работающие с дрожжами родов *Saccharomyces* или *Yarrowia*.

Пока же главным объектом интереса ученых — бактерии. Микроорганизмы, перспективные для синтеза янтарной кислоты, удалось выделить из необычного источника — одного из отделов желудка жвачных животных. Условия жизни там весьма специфичны. В-первых, почти отсутствует кислород, что делает возможным процессы брожения. Во-вторых, там относительно много углекислого газа, метана и даже водорода — то есть условия скорее восстановительные, чем окислительные. В-третьих, содержимое желудка богато витаминами, аминокислотами и факторами роста. Все это привело к появлению необычных видов бактерий, среди которых наиболее интересны для промышленного использования *Actinobacillus succinogenes*, *Anaerobiospirillum succiniproducens*, *Mannheimia succiniproducens* и *Bacteroides fragilis*. Все они умеют производить смесь органических кислот и способны использовать  $\text{CO}_2$  как источник углерода наряду с сахарами.

Но самый богатый источник продуцентов для биотехнологии — это генная инженерия. Она позволяет не только улучшать природные штаммы, но и создавать уникальные микроорганизмы с заданными свойствами. Так, ученые превратили в продуцентов янтарной кислоты кишечную палочку, *Corynebacterium glutamicum* и дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Именно эти биообъекты знакомы генным инженерам лучше всего, поэтому и работать с ними наиболее удобно.

Забегаая вперед, скажем, что сегодня в установках по производству янтарной кислоты используют в основном генно-модифицированную кишечную палочку или штаммы *A. succinogenes*. Почему именно их — попробуем разобраться.

## Бактерии включают в работу

Среди всех природных продуцентов янтарной кислоты бактерия *A. succinogenes* выделяется несколькими важными умениями. Во-первых, она способна использовать различные источники углерода, а не только глюкозу. Благодаря этому ее можно выращивать на отходах сахарного производства или сельского хозяйства, которые куда дешевле, чем сахар-рафинад. Во-вторых, эта бактерия выдерживает высокие концентрации питательных веществ, то есть устойчива к осмотическому давлению. В-третьих, она обеспечивает наиболее высокое содержание янтарной кислоты в культуральной жидкости — по крайней мере, по сегодняшним данным.

Недостатки этого вида бактерий — общие для всех продуцентов янтарной кислоты: жизнь в уютном инкубаторе желудка избаловала их и они потеряли способность синтезировать некоторые витамины и аминокислоты. Поэтому в среде, на которой мы хотим вырастить янтарную кислоту, необходимо добавлять факторы роста. Кроме того, наряду с янтарной кислотой эти бактерии выделяют и другие — уксусную, муравьиную и молочную, а также этанол. Это затрудняет выделение продукта.

Самое интересное, что эти недостатки — продолжение «целевой» способности бактерии продуцировать янтарную кислоту. Чтобы убедиться в этом, придется чуть-чуть углубиться в биохимию. Иначе мы не сможем по достоинству оценить всю ювелирность работы бактерий и генных инженеров. Приглядитесь к классическому циклу Кребса, изображенному на рисунке.

Стрелочки в цикле направлены традиционно, по часовой стрелке — это естественный порядок превращений у большинства организмов. Однако последовательность реакций в цикле может быть и обратной — если для этого есть особые условия. Стрелочка, напрямую соединяющая изоцитрат с янтарной и яблочной кислотами, называется «глиоксилатный шунт». Это один из возможных обходных путей на метаболической карте. Из рисунка видно, что к образованию янтарной кислоты могут вести три пути: по часовой стрелке в цикле Кребса (правая ветка, окислительная), против часовой стрелки (левая ветка, восстановительная) и напрямую — через разложение изоцитрата. Можно сочетать сразу два пути, но левая и правая ветви цикла не могут работать вместе, потому

что разнонаправлены. То есть теоретически возможны 5 вариантов: только правая ветвь, только глиоксилатный шунт, только левая ветвь, правая ветвь плюс глиоксилатный шунт, левая ветвь плюс глиоксилатный шунт. На практике глиоксилатный путь и правую ветвь цикла не разделяют слишком строго, поскольку их запускают схожие механизмы, так что из пяти вариантов наиболее употребительны три последних.

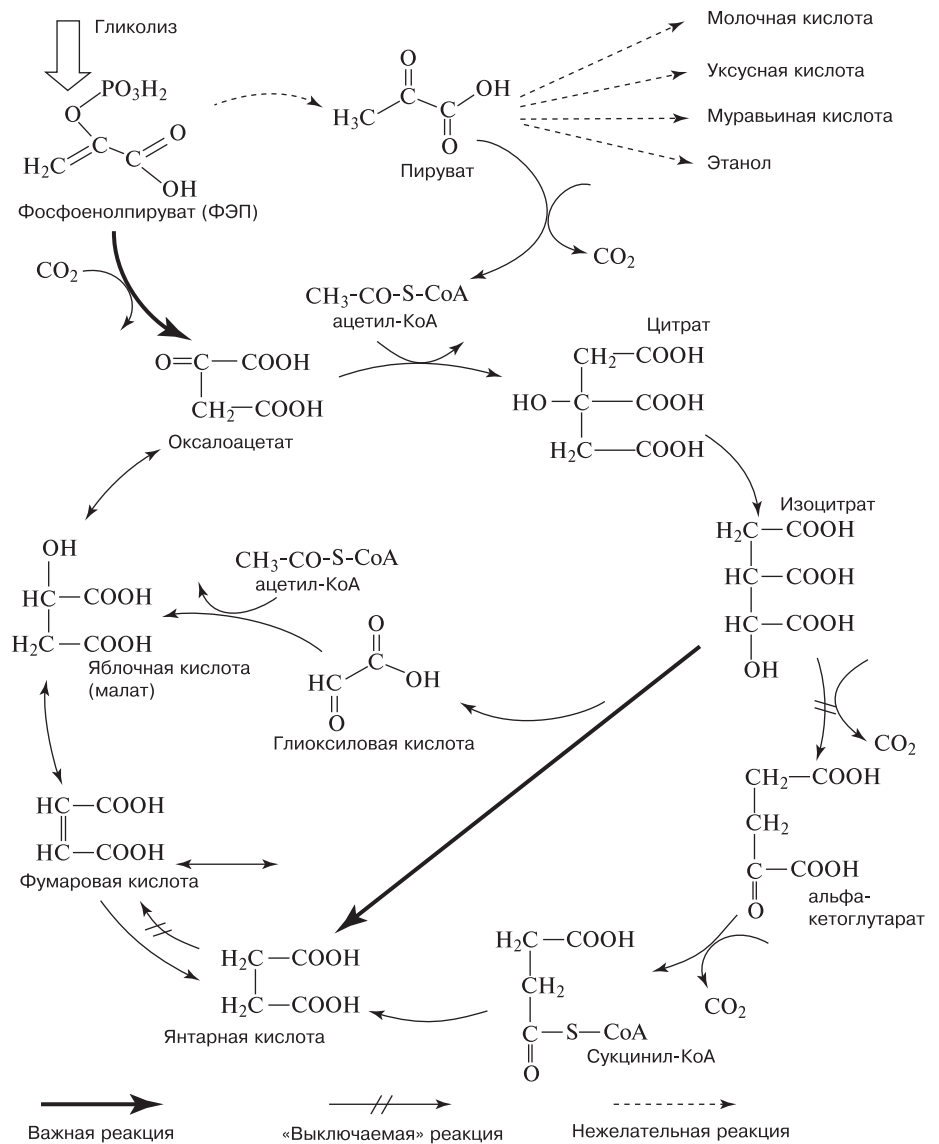
В случае с *A. succinogenes* превращение веществ идет по левой ветке цикла. Ключевой этап — присоединение углекислого газа к веществу под названием фосфоенолпируват (ФЭП). Необходимые условия — высокая концентрация  $\text{CO}_2$  в окружающей среде и активная работа соответствующих ферментов. Именно эта реакция запускает движение по маршруту «оксалоацетат — малат — фумаровая кислота — янтарная кислота».

Конкурирующий процесс — превращение ФЭП в пируват, из которого потом

образуются побочные продукты. Чтобы справиться с этим неприятным следствием, ученые создали штамм FZ6, в котором «отключили» фермент, отвечающий за синтез муравьиной кислоты. Сегодня это один из наиболее интересных продуцентов для промышленности, он накапливает больше 100 граммов продукта на литр культуральной жидкости. Отключению ферментов, отвечающих за синтез этанола или уксусной кислоты, мешает то, что геном бактерии пока недостаточно изучен.

## Генная инженерия: производитель своими руками

В отличие от *A. succinogenes* геном кишечной палочки отлично известен ученым. Так, ее дикий тип способен синтезировать янтарную кислоту, но лишь в следовых количествах. Для начала генные инженеры попытались сконструировать в кишечной палочке схему, похожую на ту, что работает в *A. succinogenes*. С



Бактерии могут производить янтарную кислоту разными способами, как показано на схеме цикла Кребса. Задача биотехнологов выбрать оптимальный путь и отключить реакции, которые мешают

этой целью они усилили синтез фермента, присоединяющего углекислый газ к ФЕП. Однако на этом исследователи не остановились и задействовали еще и глиоксилатный шунт. Для этого они заблокировали фермент, отвечающий за переход изоцитрата в альфа-кетоглутаровую кислоту, и вещество вынуждено устремляться напрямую к янтарной кислоте по глиоксилатному пути.

Преимущества такой схемы очевидны: два пути накопления продукта лучше, чем один. Но при этом образуется больше побочных продуктов. Чтобы снизить их количество, ученые отключили гены, отвечающие за синтез молочной и муравьиной кислот. Это увеличило выход янтарной кислоты, хотя и понизило жизнеспособность клеток. Полученный штамм был назван *E. coli* AFP111, он накапливает чуть менее 100 граммов янтарной кислоты на литр культуральной жидкости.

При конструировании другого штамма кишечной палочки исследователи воспользовались комбинацией правой части цикла Кребса и глиоксилатного шунта. Поскольку правая часть цикла — окислительная, такой микроорганизм способен жить и расти в присутствии кислорода, что удобно для промышленного производства. Также к достоинствам этого штамма, получившего обозначение *E. coli* HL27659k, можно отнести отключенный ген синтеза уксусной кислоты. Однако сам по себе штамм не очень продуктивен и накапливает примерно 60 граммов кислоты на литр.

## Истина в вине

Не все ученые согласны с тем, что бактерии — идеальный кандидат на роль продуцента. Во-первых, большинство бактериальных штаммов не может расти в присутствии кислорода, что осложняет и замедляет процесс ферментации. Во-вторых, часть из них условно патогенны, то есть могут вызывать заболевания. В-третьих, выделяемая кислота подавляет их собственный рост. Чтобы поддерживать pH на приемлемом для бактерий уровне, в культуральную жидкость приходится добавлять щелочь в количестве одного моля на моль образующейся кислоты. Это дорого само по себе, к тому же заставляет включать в процесс очистки дополнительную стадию — превращение соли обратно в кислоту.

Поэтому некоторые исследователи предлагают вместо бактерий использовать дрожжи — например, отлично изученные *Saccharomyces cerevisiae* или *Yarrowia lipolytica*. Они быстро растут, не боятся кислорода и устойчивы к высоким концентрациям кислоты. Интересно, что исследование *S. cerevisiae* в качестве продуцента началось со штаммов, которые применяли при производстве

саке — рисовой водки. Некоторые из них выделяют сравнительно большое количество янтарной кислоты, что и придает продукту особый вкус. Но для промышленного производства такого количества кислоты недостаточно.

На помощь биотехнологам снова приходят генно-инженерные методы. Ставку сделали на глиоксилатный путь. Необходимо заблокировать два возможных перехода — от янтарной кислоты к фумаровой (накапливаем продукт) и от изоцитрата — к кетоглутарату (получаем янтарную кислоту и замыкаем цикл). При такой схеме клетка не может синтезировать альфа-кетоглутаровую кислоту, а вместе с ней и ряд веществ, например глутамат. Поэтому это вещество необходимо добавлять в питательную среду.

Исследователи добились того, чтобы янтарная кислота переходила из клеток в культуральную жидкость почти полностью. Это обнадеживающий факт, но лучшие дрожжевые штаммы по-прежнему уступают лучшим бактериальным по части накопления продукта (около 60 г/л янтарной кислоты против 100 г/л).

## Время собирать кислоту

Процесс получения янтарной кислоты не заканчивается с завершением роста культуры. Кислоту надо еще выделить, сконцентрировать и очистить. Затраты на этих стадиях могут составить до 60% от себестоимости продукции. Биотехнологи пытаются справиться с проблемой еще на стадии подбора продуцента, предпочитая штаммы с меньшим количеством побочных продуктов. Поэтому, например, рекомбинантная *E. coli* может оказаться выгоднее, чем *A. succinogenes*, хотя и накапливает чуть меньшее количество янтарной кислоты.

Как правило, культуральную жидкость во время роста микроорганизмов подщелачивают. Сукцинат выпадает в осадок, его отфильтровывают и растворяют сильной кислотой. Затем высвободившуюся янтарную кислоту можно очищать разными способами. Широко распространен электродиализ, при котором ионы кислоты под действием электрического тока проникают через мембрану, а крупные незаряженные молекулы белков и аминокислот остаются в исходном растворе.

Используют также обратимое осаждение производными аминов. Иногда для удаления наиболее летучих компонентов применяют перегонку под вакуумом. Если требуется высокоочищенная янтарная кислота, в ход идут ионообменные смолы. Все эти методы можно и нужно комбинировать, потому что свойства янтарной кислоты и ее основных сопутствующих веществ — муравьиной, уксусной, молочной кислот и этанола — очень похожи.



## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

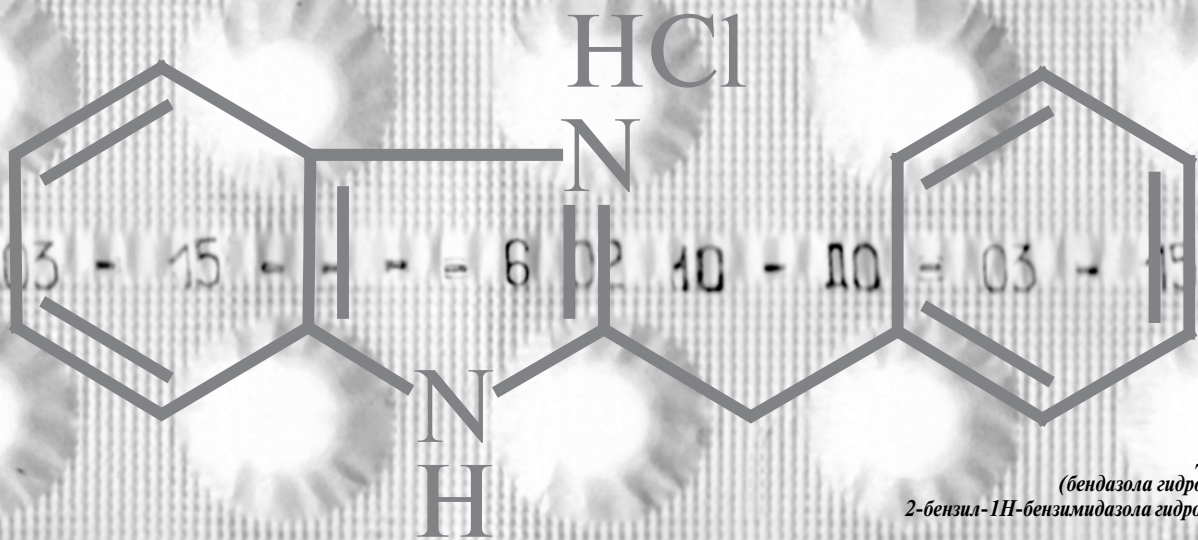
Среди недавних интересных находок в этой области — простой и удобный способ выделения янтарной кислоты за одну стадию. Оказывается, при pH меньше 2 и при температуре около 4°C она кристаллизуется и выпадает в осадок, а все сопутствующие вещества остаются в растворе. Этот метод позволяет выделить из раствора до 70% янтарной кислоты с чистотой около 90%. Комбинируя этот метод с уже известными, можно рассчитывать на серьезную экономию времени и средств.

## На весах экономики

Быть или не быть «зеленой» янтарной кислоте — решать, как обычно, экономике. Несколько лет назад Министерство энергетики США выяснило, что при тех ценах на малеиновый ангидрид себестоимость янтарной кислоты должна составлять 0,45 евро за килограмм. В этом случае ее производство из биомассы становится экономически выгодным (хотя ее итоговая цена на рынке в несколько раз выше и колеблется в зависимости от степени очистки). Другие недавние исследования показали, что если продуцент будет накапливать около 250 граммов кислоты на литр со стопроцентным выходом, то это как раз и составит 0,45 евро.

С одной стороны, все нынешние технологии пока не дотягивают до требуемых показателей. С другой — за прошедшие несколько лет нефть подорожала, поэтому 0,45 евро мы имеем право умножить эдак на три. Так что весы колеблются и готовы склониться в любую из сторон. Но многие крупные компании уже сделали ставку на биотехнологию. С 2009 года пилотные установки по производству янтарной кислоты работают в США (штат Мичиган, продуцент — *A. succinogenes*) и Франции (Лестрем, продуцент — *E. coli*), на подходе заводы в штате Луизиана (*E. coli*) и в Тайланде (*C. glutamicum*). Возможно, именно с них начнется новая страница в истории янтарной кислоты. И произойдет это совсем скоро.





# Дибазол, лекарство от всего

Доктор медицинских наук  
**В.Б.Прозоровский,**  
доктор химических наук  
**С.М.Рамш**

Вот уже более 60 лет дибазол продают у нас в аптеках. Это тем более удивительно, что по статистике после регистрации в течение 20 лет каждое третье новое лекарство выводится из медицинской практики. Дибазол — одна из немногих успешных советских разработок, которую можно считать своего рода орденом на груди отечественной науки о лекарствах. Почему? А потому, что это не только эффективное, но и безвредное лекарство — большая редкость среди синтетических средств. Дибазол понижает давление и снимает спазмы, поднимает иммунитет и помогает приспособиться к неблагоприятным внешним воздействиям, им даже лечат некоторые нервные болезни. Спектр его применения удивительно широк — от педиатрии до гериатрии, от спортивной медицины до ветеринарии. Этот препарат создали выдающиеся советские фармакологи Н.В.Лазарев и С.В.Аничков, а его химический синтез и разработку промышленной технологии реализовали в знаменитой химической школе академика АН СССР А.Е.Порай-Кошица.

## Рождение дибазола

Первые послевоенные годы, Ленинград. Сразу же после войны профессор (по недоразумению не академик) Николай Васильевич Лазарев, который руководил кафедрой фармакологии в Военно-морской медицинской академии (ВММА), взял курс на расширение круга научных интересов. Ведь в военные годы на кафедре в основном искали стимуляторы работоспособности. Лазарев надеялся найти новые синтетические лекарственные средства среди производных и аналогов пурина и пиримидина, поскольку эти соединения близки по строению к веществам,

содержащимся в животных организмах. Впрочем, сама идея была не нова, в то время фармакологи всего мира разрабатывали теорию конкурентных отношений, которая теперь всем очевидна. Смысл ее в том, что лекарства не должны вламываться в организм человека, как слон в посудную лавку, а должны быть похожими на те вещества, которыми пользуется сам организм для регуляции своей жизнедеятельности. Лекарства или воспроизводят в более выгодном варианте естественного участника событий (миметики, то есть подражатели), или прекращают его действие (блокаторы).

Весной 1946 года, после совещания на кафедре красителей Технологического института совместно с химиками-синтетиками (в нем участвовали А.Е.Порай-Кошиц, его сын Б.А.Порай-Кошиц, О.Ф.Гинзбург и Л.С.Эфрос), было решено синтезировать производные бензимидазола и изучить их биологическую активность. Дело в том, что бензимидазол структурно похож на пурин (см. рис.), а производные последнего, гуанин и аденин, входят в состав нуклеиновых кислот. К этой же группе веществ относятся знаменитые своей биологической активностью ксантины — кофеин, теобромин и теофиллин. Поэтому можно было ожидать, что среди производных бензимидазола тоже попадутся интересные лекарственные соединения. Тогда еще в арсенале ученых не было компьютерного моделирования и других современных методов, помогающих прогнозировать биологическую активность веществ. Не было и методов комбинаторной химии, позволяющих получать широкий арсенал производных и быстро их проверять. Потенциальный класс и тип активных соединений определяли мозговым штурмом и научной эрудицией, а все вещества получали по индивидуальной схеме, как правило, многостадийным синтезом.

Предвидение активности этого класса соединений оказалось верным — через десятки лет, в конце 80-х годов, в центральной и периферической нервной системе, а также просто в тканях (в частности, в стенках сосудов) обнаружили аденозинергические нейроны, то есть нервные клетки, на концах отростков которых выделяется производное пурина — аденозин. Это передатчик нервных импульсов, который взаимодействует с рецепторами клеток-исполнителей — аденозиновыми А-рецепторами. Кстати, хорошо известные препараты кофеин и теофиллин работают как антагонисты этих рецепторов: кофеин возбуждает и стимулирует сердечные сокращения (центральное и периферическое действие), а теофиллин расширяет сосуды и бронхи (периферическое действие).

Вернемся в 1946 год. Химическую часть проекта разделили на два направления: синтез производных бензимидазола с заместителями в бензольном кольце взял на себя Л.С.Эфрос, а синтез производных бензимидазола, содержащих заместители в положении 2 имидазольного кольца, поручили О.Ф.Гинзбургу. Руководил всей химической частью Б.А.Порай-Кошиц. Всего



химики синтезировали 44 соединения. Среди первой группы синтезированных производных перспективных соединений не обнаружили. Однако Оскару Федоровичу Гинзбургу улыбнулась удача — среди первых же полученных им веществ оказалась солянокислая соль 2-бензилбензимидазола.

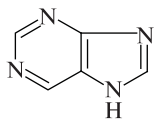
## Стимулятор нервной системы

Ассистент кафедры фармакологии ВММА Матвей Абрамович Розин, которому Лазарев поручил предварительную проверку новых препаратов, установил, что соединение, названное потом дибазолом (бензилбензимидазол), повышает возбудимость спинного мозга, что проявляется в усилении рефлекторной деятельности. Возбуждающее действие дибазола на нервную систему подтвердилось в опытах по лечению морских свинок, отравленным нервным ядом трикрезилфосфатом. Забавный факт: дибазол испытывали в том числе и на канарейках, и из всех исследованных соединений только он заставлял их петь в зимнее время.

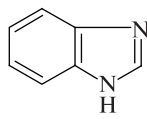
Появилась идея, что это вещество можно использовать в невропатологии для лечения параличей, после чего начались широкомасштабные исследования препарата (определение его токсичности и переносимости животными), а затем и клинические испытания. Оказалось, что он переносится хорошо и малотоксичен. Более того, в специальных тестах на физически здоровых мужчинах-добровольцах удалось показать, что дибазол избирательно действует на спинной мозг человека — он стимулировал у них мышечную работоспособность.

В клинике нервных болезней ВММА установили, что дибазол увеличивает силу мышц у больных после инфекционного полиневрита, и почти одновременно в клинике Педиатрического института доказали эффективность дибазола при реабилитации детей, больных полиомиелитом. После всего этого дибазол получил «зеленый свет»: испытания продолжались во многих неврологических клиниках, с участием ведущих специалистов. Учитывая стимулирующее действие дибазола на спинной мозг, он был заявлен как «нейростимулирующее средство», предназначенное «для лечения больных, страдающих поражениями периферического двигательного нейрона в спинном мозгу с параличами и ослаблением тех или иных мышечных групп». Особенно впечатляли результаты применения дибазола для лечения больных, страдающих невритом лицевого нерва. Было получено разрешение на применение дибазола, наложено производство активного вещества и лекарственных форм. Последующее использование препарата подтвердило, что механизм его действия таков: он стимулирует межнейронные контакты и благодаря этому облегчает синаптическую передачу в спинном мозгу — соответственно усиливаются рефлекторные реакции.

Время было для советской науки, да и для всего народа простое. Известно, что в 1951 году создателей дибазола выдвинули на Сталинскую премию. Комитет по Сталинским премиям единодушно высказался «за», но рассказывают, что при обсуждении вопроса на Совете Министров СССР Г.М. Маленков сказал примерно следующее: «Дибазол — лекарство, конечно, хорошее, но товарищу Сталину он не помог». Этих слов было достаточно, чтобы создатели дибазола так и не получили Сталинскую премию.



а



б

*Подсказкой для синтеза дибазола стала структура природного соединения, встречающегося в организме человека, — пурина (а). Похожей структурой обладает бензимидазол (б), на основе которого и сделали дибазол.*



## Препарат для гипертоников

Параллельно с 1947 года дибазол исследовал и другой коллектив, возглавляемый С.В. Аничковым (академик АМН СССР Сергей Викторович Аничков заведовал отделом фармакологии в Институте экспериментальной медицины и кафедрой фармакологии в Ленинградском санитарно-гигиеническом институте). Изучение препарата было поручено аспиранту из Болгарии Дмитрию Паскову (Пасков Димитър Спасов). Оказалось, что это производное бензимидазола обладает еще и спазмолитическим действием (расслабляет гладкую мускулатуру), а также понижает артериальное давление. После соответствующих клинических исследований было получено второе авторское свидетельство на дибазол. Особо надо подчеркнуть, что дибазол фактически стал первым препаратом, эффективным при артериальной гипертонии. Применявшийся до этого папаверин должным образом действовал только в токсических дозах. Да, сам дибазол был немного слабее, но в сочетании с папаверином (препарат папазол) действовал эффективнее.

Чем же привлекли бензимидазольные соединения С.В. Аничкова? Очевидно, он рассматривал их с той же точки зрения, что и Н.В. Лазарев, — они подобны веществам, которые участвуют в регуляции физиологических функций организма. Аничков решил изучать дибазол как синтетический аналог алкалоида бензилизохинолинового ряда папаверина. Механизм действия последнего был известен — в основном он влияет на гладкую мускулатуру, понижая тонус гладких мышц. Ученый считал, что эти препараты устроены одинаково: оба имеют гетероциклические фрагменты, близкие метаболитам организма (папаверин — близкий пиримидину, а дибазол — близкий пуриновому фрагменту), а также бензильный заместитель.

Сегодня полагают, что дибазол понижает давление благодаря двум механизмам: во-первых, он расширяет сосуды, во-вторых, стимулирует нервно-трофические влияния, то есть усиливает регулирующие воздействия нервной системы на организм и дает ему дополнительные возможности для адаптации. Сейчас дибазол и папазол рекомендуют как безвредные средства, усиливающие действие других лекарств, которые в более высоких дозах давали бы побочные эффекты.

Кстати, химическое строение дибазола довольно долго было «засекречено» — авторские свидетельства на дибазол, заявленные в 1949 году, зарегистрировали в Государственном реестре изобретений СССР и опубликовали только спустя 27 лет после подачи заявок.

## Дибазол — первый адаптаген

В процессе все более широкомасштабного изучения дибазола, продолжавшегося на кафедре фармакологии ВММА, выяснилось, что эта несложная молекула обладает еще одним ценным свойством — повышает устойчивость экспериментальных животных к различным вредным и даже экстремальным воздействиям.

Сначала заметили, что при поражениях спинного мозга и периферических нервов у экспериментальных животных при приеме дибазола проявляется не только лечебный, но и профилактический эффект. Потом появились данные о лечении дибазолом некоторых инфекционных заболеваний, а также

информация от токсикологов о том, что он действует как антидот при отравлениях свинцом и угарным газом. Лазарев предположил, что, возможно, дибазол повышает общую, неспецифическую сопротивляемость организма. В дальнейшем интенсивные исследования подтвердили, что препарат делает животных устойчивее не только к повреждающим нейротропным воздействиям, но и к кислородному голоданию, резким колебаниям температуры, ядам, факторам, вызывающим асептическое воспаление, некоторым инфекциям, а также ускоряет восстановление после механических травм. Аналогичные данные получили и ученики Лазарева, когда изучали дальневосточные лекарственные растения женьшень и элеутерококк, а также витамин В<sub>12</sub> (содержит 5,6-диметилбензимидазольный фрагмент).

Эти результаты, по-видимому, и подтолкнули Лазарева к идее создания неспецифических лекарственных средств, повышающих приспособительные реакции организма. Однако оригинальное теоретическое обоснование этой идеи он разработал позже, во второй половине 50-х годов прошлого столетия, и косвенно оно было связано с идеями выдающегося канадского физиолога Ганса Селье.

Свою первую работу по стрессу Селье опубликовал в журнале «Nature» (1936) — в этой работе об «общем адаптационном синдроме» (ОАС) он показал, что стресс задействует систему «гипофиз — кора надпочечников». Работы Селье описывали сильные воздействия, но они подтвердили более ранние выводы Лазарева о стрессорно-адаптационных механизмах слабых и хронических воздействий химических агентов на организм. С учетом теории Селье, но прежде всего на основании собственных экспериментов и теоретических построений, в 1956 году Лазарев пришел к выводу, что в основе адаптации организма к неблагоприятным воздействиям среды лежит общий неспецифический механизм — комплекс стандартных приспособительных реакций, приводящий к «состоянию неспецифической повышенной сопротивляемости» (СНПС). Но при этом, в отличие от «общего адаптационного синдрома», организм минует стадию тревоги.

## Внутренний врач

Здесь уместно вспомнить опубликованную в 60-х годах в журнале «Иностранная литература» статью известного в то время популяризатора науки о том, как он посетил знаменитого теолога и врача Альберта Швейцера в Габоне (Африка). На вопрос писателя: «Почему шаманы излечивают белых, которые вообще-то шаманам не верят?» — Швейцер ответил: «Я вам выдам тайну, которую многие врачи знают, но молчат. Главное во врачевании — не лекарства, главное — это умение пробудить в больном его “внутреннего врача”, благодаря которому сам организм больного побеждает болезнь».

Так вот Лазарев, несомненно, эту тайну знал и сумел в общих чертах ее научно обосновать и сформулировать. Согласно его теории, при СНПС все защитные системы организма работают активнее, чем в норме. Этого состояния можно достигнуть двумя способами: более или менее продолжительно приучая организм (закаляясь, тренируясь и пр.) к воздействию разнообразных неблагоприятных факторов среды; или гораздо быстрее — принимая некоторые препараты, которые стимулируют те же защитные механизмы, что и длительное пребывание в неблагоприятных условиях. Сначала Лазареву казалось, что СНПС имеет общий механизм со стрессом, однако специально поставленные эксперименты показали, что физиологические параметры СНПС отличаются от выявленных Селье стадий ОАС — тревоги, сопротивляемости и истощения. Сегодня обе теории существуют вместе и дополняют друг друга. СНПС рассматривают как «четвертое», оптимальное состояние организма (три других — это здоровье, болезнь и промежуточное состояние), а учение о СНПС — одна из базовых составляющих профилактической и терапевтической медицины.

Вопрос — какие же препараты могут способствовать «состоянию неспецифической повышенной сопротивляемости», то есть стимулировать организм и помогать ему адаптироваться к различным неблагоприятным воздействиям физической (травма, высокие и низкие температуры и т. п.), химической (токсичные вещества) и биологической (патогенные микроорганизмы) природы? Это особые синтетические и растительные лекарственные средства, которые Лазарев в 1960 году назвал «адаптогенами» (порождающими приспособление). Первым синтетическим адаптогеном стал дибазол.

В 50-х годах прошлого века создатель теории СНПС Лазарев мог только в общих чертах объяснить механизм действия адаптогенов, однако досконально разобраться, как они работают, в то время было невозможно — не существовало необходимой аппаратуры и методов. Сейчас этот механизм в основном понятен. Адаптогены активируют синтез так называемых стрессовых (защитных) белков, усиливают адаптивный синтез РНК, активируют обмен ДНК, повышают активность ферментов энергетического обмена, стимулируют процессы регенерации — все вместе это обеспечивает нормальную работу организма в неблагоприятных условиях. Способность дибазола усиливать белковый синтез благодаря каким-то «биохимическим сдвигам», природа которых не ясна и сегодня, вероятно, связана с его структурным сходством с аденином и гуанином.

Наиболее важный результат действия адаптогенов — усиление клеточного и гуморального иммунитета, что очень характерно для СНПС. Адаптогены стимулируют организм на выработку интерферонов, повышают уровень интерлейкинов, эндорфинов и других цитокинов в биологических жидкостях, а также активируют работу фагоцитов и естественных киллеров. Если принимать адаптогены в небольших концентрациях достаточно долго — один-два месяца, то клеточный иммунитет увеличивается не только за счет выработки интерферонов, но и иммуноглобулинов.

Сегодня адаптогены — это средства профилактики. Они пробуждают в человеке того самого «внутреннего врача», который снимает стресс, стимулирует и тонизирует организм, не причиняя ему никакого вреда.

## Вторая жизнь дибазола: усиление иммунитета

Исторически именно на дибазоле обнаружили и изучали эффекты и механизмы действия адаптогенов. Как уже говорили, адаптация — это в том числе повышение иммунитета, то есть неспецифической сопротивляемости организма к инфекциям. Получается, что стимуляция иммунитета — уже четвертое направление применения дибазола (после нейростимулирующего, антигипертензивного, адаптогенного). И здесь его потенциал огромен. Поскольку это одно из немногочисленных синтетических средств, которое можно эффективно использовать для профилактики респираторных вирусных инфекций, для коррекции иммунного статуса у людей с вторичным иммунодефицитом и у людей с хроническими заболеваниями.

Профилактическое действие дибазола открыл и предложил использовать также Лазарев. Оказалось, что для профилактики гриппа и других вирусных инфекций верхних дыхательных путей достаточно совсем небольших ежедневных доз (0,01 г). С подачи Лазарева это замечательное свойство препарата исследовал профессор Л.Я.Эберт, в 60-е годы прошлого века заведовавший кафедрой микробиологии Челябинского медицинского института. Именно он доказал профилактическую эффективность дибазола и рекомендовал его как средство для массовой неспецифической профилактики гриппа и острых респираторных заболеваний. Такое действие дибазола подтвердило и локальное исследование, проведенное примерно в те же годы (1963—1965) во Франции, где этот препарат был известен под названием «тромаседан». Если рабочие предприятия принимали препарат в дозе 30 мг в день в течение четырех месяцев, то число дней, пропущенных ими по болезни, уменьшалось на 35%.



Интересно, что дибазол не просто активирует выработку собственного интерферона — он это делает только тогда, когда в организме есть вирусы гриппа или острой респираторной инфекции. Так же мягко он действует после прививок — усиливая синтез нуклеиновых кислот и белков, дибазол стимулирует выработку антител и повышает тем самым иммунитет, полученный после введения вакцины. И наконец, наверное, самое важное: иммуностимулирующее действие дибазола осуществляется через центральные механизмы гомеостаза (от греч. *homoios* — одинаковый и *stasis* — состояние), то есть он действует через центральную нервную систему, поддерживая относительное постоянство внутренней среды организма и устойчивость его основных физиологических функций в нужных пределах.

В России чуть больше десяти лет назад так называемая дибазолопрофилактика была рекомендована всем — и взрослым, и детям. Рекомендовали ее солидные институты: НИИ эпидемиологии и микробиологии, НИИ вирусологии и НИИ гриппа РАМН. В бывшем СССР и особенно в новой России применение дибазола в малых дозах в качестве иммуностимулятора было очень масштабным и давало свои результаты. Так, в 1965 году в Челябинске во время эпидемической вспышки гриппа дибазол принимали 150 тысяч человек (почти 20% всего населения). Схема была такая: по 0,005 г дибазола один раз в день три дня подряд, потом три дня перерыв. Курс повторяли трижды. По сравнению со Свердловском (Екатеринбургом), где профилактику гриппа дибазолом не проводили, заболеваемость респираторными инфекциями в Челябинске оказалась ниже на 18 %.

В Интернете можно найти информацию о том, что Министерство здравоохранения РФ проводило массовую профилактику дибазолом учащихся 1—11-х классов в 1991—1999 годах, а также многочисленные упоминания о кампаниях дибазолопрофилактики, реализованных с тем или иным ощутимым эффектом в различных регионах РФ в «нулевые годы» текущего столетия.

Кстати, герой нашего рассказа вошел в состав еще одного противовирусного средства «Цитовир-3». Другие его компоненты — «Тимоген-натрий» (натриевая соль иммуностимулирующего дипептида глутамил-триптофана) и аскорбиновая кислота. По данным клинических испытаний, если начать принимать «Цитовир-3» в первые часы заболевания гриппом или ОРВИ, то болезнь окажется вдвое короче, а высокой температуры, скорее всего, не будет совсем. Доказано, что те, кто принимает этот комбинированный препарат профилактически или с лечебной целью, не болеют затяжными формами ОРВИ, а вероятность осложнений в виде острых бронхитов и пневмоний у них меньше в 6 и 13 раз соответственно.

Как и другие адаптогены и лекарства мягкого действия, дибазол не относится к допингам и не входит в Список запрещенных препаратов Всемирного антидопингового агентства WADA. Поэтому он популярен в спортивной медицине, где его применяют не столько как средство для повышения физической выносливости, но в первую очередь как иммуностимулятор и адаптоген (для профилактики ОРВИ, адаптации к новым климатическим условиям и при нарушениях функций вестибулярного аппарата).

## Дибазол и профилактика рака

Напоследок — самое интригующее в истории, а может быть, и в будущем дибазола. Все тот же Лазарев предложил использовать адаптогены в онкологии — и для лечения рака, и для его профилактики. Речь, конечно, идет о вспомогательном лечебном действии, то есть об усилении специфических и ослаблении побочных эффектов химио- и лучевой терапии, о предупреждении рецидивов и метастазов. Этот эффект действительно обнаружили у адаптогенов растительного происхождения (элеутерококк, родиола розовая), и объясняют его главным образом антистрессовой и иммуностимулирующей активностью этих веществ. Ведь рак — это стресс, начиная со

страшного диагноза и заканчивая тяжелым реабилитационным периодом после лечения (хирургическая операция, химиотерапия, облучение), который сопровождается падением защитных сил организма. В этом плане, однако, дибазол пока что себя ярко не проявил. И все же теоретически он прекрасно подходит для профилактики рака (нетоксичен и не имеет побочных эффектов) — его можно применять не только в старости, когда организм становится чувствителен к разнообразным неблагоприятным влияниям и иммунитет ослабевает, но и в течение всей жизни.

Хотя об этом действии дибазола рассказывает научно-популярная литература и Интернет (рекомендуют по одной таблетке (20 мг) два-три раза в день курсами по месяцу и больше), подтверждений этому в научной литературе мы не нашли. Факт, что эффективность дибазола для профилактики рака строго не доказана, по всей видимости, связан не только с особенностями действия самого препарата, но и со сложностью проведения клинических исследований и неоднозначностью их результатов. Еще Н.В. Лазарев отмечал, что, поскольку испытывать делятся минимум пять лет и для них необходимо привлекать много пожилых людей, трудно получить убедительный однозначный ответ. Впрочем, сегодня мы не знаем ни одного безвредного лекарственного препарата с доказанным профилактическим противораковым действием, хотя поиск таких препаратов ведется очень интенсивно во всем мире.

Итак, дибазол — результат совместного труда и творческой дружбы выдающихся химиков, фармакологов и клиницистов. Это и мягкое лекарство, и «препарат для здорового человека». Благодаря простоте молекулярной структуры дибазол весьма технологичен: его производят из недорогого и доступного сырья практически в одну стадию. Вот почему это один из самых дешевых синтетических лекарственных препаратов, что и позволяет использовать его в медико-социальных программах. В наш век рекламы об эффективности лекарства судят по частоте его появления на телеэкранах, а иногда и по его цене (чем дороже, тем должно быть лучше). Но дибазол не нуждается в рекламной кампании: за его эффективность нам давно уже поручились ведущие специалисты. Не перед телекамерой, а на страницах медицинских журналов.

### Что еще можно почитать о дибазоле

Николай Васильевич Лазарев: Очерки жизни и деятельности / Отв. ред. (сост.) И.И. Брехман, И.Д. Гадаскина. Владивосток: Дальнаука, 1993.

**Н.Н. Аносов, М.А. Розин.** Прозерин, эзерин, дибазол и их применение в невропатологии. Л.: Медгиз, ЛО, 1956.

**С.Н. Голиков.** С.В. Аничков (1892—1981). М.: Медицина, 1992.

**М.А. Поповский.** Панацея — дочь Эскулапа. Рассказы о людях и лекарствах. М.: Детская литература, 1973.

### Светящиеся палочки

Моя дочь принесла со школьного праздника пластиковый браслет, мерцающий голубоватым светом. Целые сутки он светился, а потом потух. Ясно, что холодное свечение обусловлено хемилюминесценцией. Не могли бы вы пояснить, какие вещества обеспечивают ее?

Татьяна Чудинова, Томск

Вы правы, свечение браслетов, палочек и прочих модных аксессуаров для вечеринок основано на явлении хемилюминесценции — том самом, которое заставляет светиться светлячков.

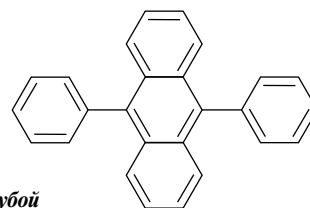
Есть большая группа веществ, называемых люминофорами, которые начинают испускать свет, если к ним поступает энергия. Однако ни светлячки, ни светящиеся браслеты не подключены к электрической сети, и у них нет батареек. Откуда же содержащиеся в них люминофоры черпают энергию? Эту энергию они берут от химической реакции окисления между двумя веществами, протекающей здесь же. О триаде «окислитель—восстановитель—люминофор» впервые догадался в начале 60-х годов прошлого века Эдвин Чандорс, молодой химик из Лаборатории Белла в Мюррей-Хилл (Нью-Джерси), который пытался раскрыть тайну химического света. Тогда-то он впервые создал первую триаду — перекись водорода, оксалилхлорид и флуоресцентная краска. Первые два вещества взаимодействовали с высвобождением энергии, которая, в свою очередь, заставляла люминофор светиться. Однако свечение было слабым, и Чандорс не запатентовал свое изобретение. Зато его последователи, использовавшие тот же принцип, получили множество патентов на устройства, дающие хо-

лодный свет. Первый патент появился в США уже в 1965 году, но среди его авторов Чандорс не значился.

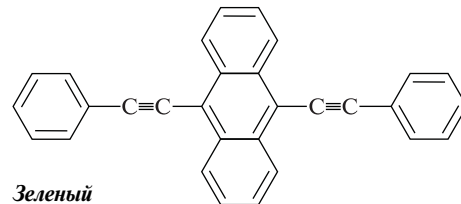
Светящаяся палочка (или браслет, согнутый из такой палочки) устроена просто: это трубка из гибкого пластика, запаянная с двух сторон. Во внутреннюю полость налит раствор, содержащий дифенилоксалат и флуоресцентную краску. Эти два вещества инертны друг к другу. В растворе плавает хрупкая стеклянная ампула, содержащая перекись водорода. Чтобы палочка начала светиться, достаточно ее слегка согнуть. Раздастся легкий щелчок (это лопается стеклянная ампула с перекисью), и начнется реакция. И если содержимое не перемешивать, то будет видно, как реакция (свечение) постепенно распространяется по трубке. Что же в ней происходит?

Перекись водорода взаимодействует с дифенилоксалатом. В результате образуются фенол и крайне неустойчивое перекисное соединение. Оно легко распадается на две молекулы углекислого газа, при этом энергия выделяется в виде фотона, а не тепла. Фотон тут же поглощается молекулой красителя, которая потом излучает новый фотон, с меньшей энергией, по классическому механизму люминесценции. Так возникает свечение.

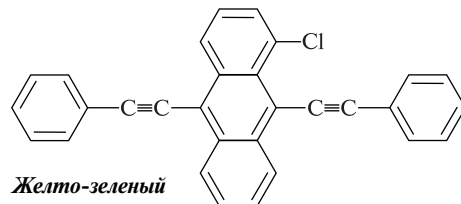
Почему палочки светятся разным светом — красным, синим, зеленым? Это зависит от того, какой люминофор использовали при ее изготовлении. Вот наиболее распространенные вещества, которые обеспечивают радугой светящихся аксессуаров. Голубой свет дает вещество 9,10-дифенилантрацен; зеленый свет — 9,10-бис(фенилэтинил)антрацен; желто-зеленый — 1-хлор-9,10-



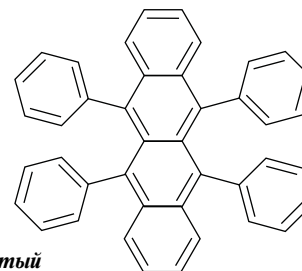
Голубой



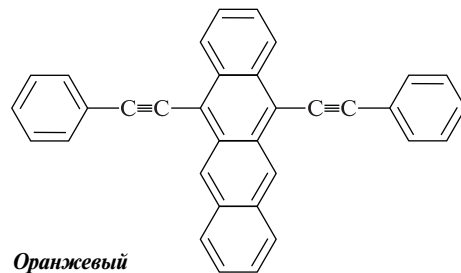
Зеленый



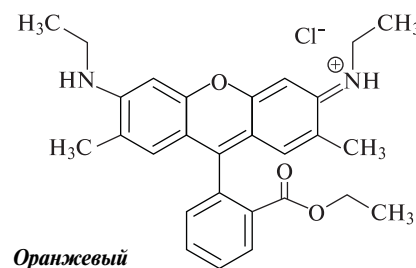
Желто-зеленый



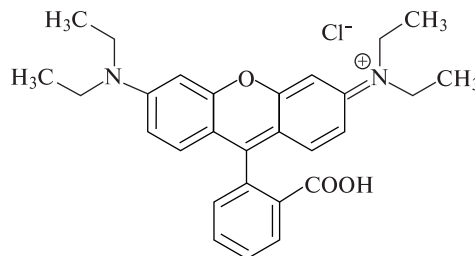
Желтый



Оранжевый



Оранжевый



Красный

бис(фенилэтинил)антрацен; желтый — 5,6,11,12-тетрафенилнафтацен; оранжевый — 5,12-бис(фенилэтинил)нафтацен, а также этил 2-[3-(этиламино)-6-этилимино-2,7-диметилксантен-9-ил]бензоат гидрохлорид (или родамин 6Ж); красный — [9-(2-карбокисфенил)-6-диэтиламино-3-ксантенилидин]-диэтиламмоний хлорид (или родамин Б).

Справедливости ради надо отметить, что такие светящиеся устройства создавали не для вечеринок, а для более важных целей. Их используют как источники света в катастрофических ситуациях, когда нет электричества, в полевых условиях, в армии и даже глубоко под водой, где они прекрасно работают.

## Суп из долларов

*Мой внук показал мне фокус: к плоскому магниту притягиваются бумажные доллары, а рубли — нет. В чем здесь дело? Я предположил, что на бумажные доллары нанесены некие магнитные элементы. Так ли это?*

А.Хаустов, Москва

Действительно, среди самых разных валют на магнит реагируют только бумажные доллары. А дело в том, что при печати этих банкнот используют магнитные краски — сложные коллоидные растворы ферромагнетиков. Коллоидные частицы чрезвычайно малы, размером в десятки нанометров. Поэтому они легко проникают в любой пористый материал, в том числе и в бумагу.

С помощью таких красок на банкнотах печатают серийные номера, рамки, фрагменты рисунков. Это способ дополнительной защиты ценных бумаг от подделок. Экспертная практика говорит о том, что на подавляющем количестве поддельных банкнот магнитный рисунок не воспроизводится. Правда, бывают суперподделки. Но и на них контуры магнитного рисунка все же отличаются от оригинала.

Убедиться в том, что доллары содержат магнитную краску, можно в нехитром эксперименте, если, конечно, вы согласитесь безвозвратно испортить доллар. Думаю, однодолларовой купюрой можно пожертвовать ради любознательности ребенка. Итак, берем один доллар и нарезаем его на тончайшие полоски. Затем помещаем эту лапшу в небольшую емкость, добавляем немного теплой воды, чтобы она накрыла лапшу, и все это перемешиваем блендером в течение нескольких минут. Затем аккуратно сливаем чуть

зеленоватую жидкость в маленький пакетик из тонкого полиэтилена и крепко завязываем его, чтобы раствор не выливался. А теперь возьмем магнит и будем поглаживать им небольшой участок поверхности получившейся «амебы». Через минуту-другую мы увидим, как в месте приложения магнита соберутся темные частицы. Это и есть магнитная краска.

Остается только добавить, что в России изучением магнитной краски и созданием ее новых образцов с успехом занимаются в Институте механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук.

## Помидоры и гормон

*Муж купил препарат «Циркон» — стимулятор роста и цветения растений — и теперь время от времени опрыскивает им помидоры, чтобы урожай был больше. Но не сделает ли это помидоры несъедобными и опасными?*

Марина Балакирева, Истра

Препарат «Циркон», созданный в 2001 году, подавляет работу фермента ауксиноксидазы, который разрушает растительный гормон ауксин. А этот гормон как раз и помогает растению развиваться, задерживает его старение и созревание плодов (то есть дает им возможность дольше увеличивать свои размеры). Более того, завязь начинает расти, даже если в ней не образовались семена, тогда как обычно она должна опасть. Например, с помощью ауксина сейчас зачастую получают ягоды винограда без косточек. Поскольку помидоры опрыскивают «Цирконом», когда те образуют бутоны и цветут, то он попадает на листья, почки, завязи, увеличивает содержание в этих тканях ауксина и так стимулирует их рост. Когда же в нем замачивают семена, то препарат оказывается на корнях и помогает им расти и множиться.

Тот факт, что в самом препарате ауксина нет, — важное достоинство. Дело в том, что избыток этого гормона вредит растению — его стебель или листья начинают слишком быстро увеличиваться в размерах, корни не успевают доставлять нужное количество воды и питательных веществ, и растение погибает. Поэтому в большой концентрации ауксин и его родственники служат гербицидами и дефолиантами. Это касается любых стимуляторов — нужно точно выполнять инструкцию по введению препарата и его дозе на одно растение, иначе получится обратный эффект. Справиться с таким требовани-

ем нелегко, ведь растительные гормоны работают в ничтожной концентрации, и зачастую одна капля препарата на ведро воды — нормально, а пять — уже много. Очевидно, что препарат, который лишь регулирует поведение ауксина в растении, действует мягче, чем сам этот гормон в чистом виде.

Но вернемся к «Циркону». Действующим веществом, подавляющим ауксиноксидазу, в препарате служит набор гидроксикоричных кислот. Их выделяют из эхинацеи пурпурной. Для человека экстракт эхинацеи считается не вредным, а полезным — благодаря иммуностимулирующим и антиоксидантным свойствам. Его используют как пищевую добавку, например, при производстве соков серии «J7 иммуно» компании «Вимм-Билль-Данн». Растениям эти кислоты также помогают справиться со стрессом, вызванным сухой, заморозками и прочими неблагоприятными условиями, и стимулируют иммунитет для борьбы с бактериями и грибами. Кроме того, обнаружено, что этот экстракт блокирует интегразу (фермент, обеспечивающий вклеивание ДНК вируса в хромосомы клетки-хозяина) некоторых вирусов.

Попав в растение, молекулы гидроксикоричных кислот работают несколько дней. При этом они постепенно подвергаются биохимическим преобразованиям и в конце концов превращаются в дубильные вещества и лигнин (в стебле, корнях или кожуре плодов) либо расщепляются и утилизируются (в листьях и прочих быстрорастущих частях). Но все эти вещества не вредят плодам и не делают их опасными для человека, да и количество их ничтожно: для обработки одного гектара посевов нужно от 0,6 до 1 мг действующего вещества препарата. Что же касается ауксина, то благодаря стимулятору его концентрация временно увеличивается, но и это не должно никак сказываться на съедобности плодов: в килограмме зеленой массы он и так содержится в количестве от 1 до 1000 мг, в зависимости от части растения.

Другое дело, что увеличение числа и размера плодов требует усиленного питания растения. Поэтому недостаток удобрений, воды, а при холодном лете — и тепла может свести на нет всю биотехнологическую борьбу за урожай. Если же с удобрениями переборщить, то они окажутся в плодах в виде нитратов.

Материал подготовили  
**Л.Викторова, А.Мотыляев**

# Солнце всходит и заходит

Кандидат  
биологических наук  
**И.Э.Лалаянц**

*Еще древние провели демаркационную линию между животными, ведущими дневной образ жизни (диуральными — от лат. «диес», то есть день), и никтомеральными, или ночными. Но откуда животные «знают», когда им спать, а когда бодрствовать?*

*Попытаемся представить себе, что же такое биологические часы в современном понимании. Рассказывая о биологических часах, мы пойдем тем же путем, которым шла наука: от анатомии мозга, тех его структур, которые отвечают за сон и бодрствование, и гормонов гипофиза — к отдельным нейронам, нейромедиаторам, генам и белкам.*

## Где находится сон

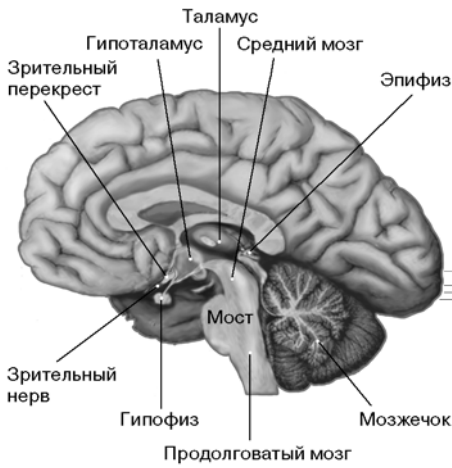
Прошлый век начался выходом книги Зигмунда Фрейда, название которой у нас не совсем удачно перевели как «Толкование сновидений». Научный труд превратился в эдакий сонник для просвещенных людей, и по сей день у широкой публики Фрейд ассоциируется с символическим значением приснившихся полетов, вертикальных объектов и тесных комнат. Но младшего современника и соотечественника Фрейда, практикующего венского невропатолога Константина фон Экономо



Уильям Блейк

, интересовали не сновидения, а сон как особое физиологическое состояние. Экономо опубликовал в 1916 году статью об энцефалите (воспалении мозга), приводящем к летаргии. Исследования энцефалита вдохновили его на поиски «центра сна» в мозгу. Еще через полтора десятка лет Экономо в «Журнале нервных и умственных заболеваний» предполагал, что этот центр располагается в переднем отделе гипоталамуса («Journal of Nervous and Mental Diseases», 1930, т. 71, «Sleep as a Problem of Localization»).

В мозгу множество отделов с интересными названиями (рис. 1). Для начала запомним то, что «растет сверху» и «под» — эпифиз и гипофиз. Таламосом греки называли всякое возвышение (отсюда эпиталама, то есть торжественная песня, гимн новобрачным, восходившим на брачное ложе). Под таламосом, или таламосом (по-русски эту часть мозга так и называли бугром), располагается подбугорье, гипоталамус — орган нейросекреции и центр вегетативной нервной системы. Он регулирует эндокринные функции мозга.



### 1 Структуры мозга, вовлеченные в регуляцию биологических часов

Гипоталамус тесно связан с гипофизом: можно сказать, что первый формулирует приказы, касающиеся работы организма, а второй передает их по инстанциям с помощью гормональных сигналов.

Известно, что гипоталамус реагирует на продолжительность светового дня (а кроме того, на обонятельные сигналы, маркеры стресса, изменения температуры, голод и жажду). Сам гипоталамус синтезирует в ответ рилизинг-гормоны (от англ. release), они же либерины, которые поступают в гипофиз и способствуют высвобождению его гормонов, а также статины — ингибирующие гормоны, которые, напротив, тормозят их высвобождение. Так, под управлением гипоталамуса находятся адренокортикотропный гормон, регулирующий синтез и секрецию гормонов коры надпочечников, гормоны роста и лактации (отделения молока у кормящих матерей), фолликулостимулирующий гормон, управляющий работой половых желез. Именно через гипоталамус регулируются суточные колебания температуры нашего тела (она меняется на десятки доли градуса — недаром большинство людей, засыпая, стараются укрыться потеплее, а страдающие

ночной бессонницей жалуются, что не могут согреть ноги), изменения уровня гормонов в крови, усиление и ослабление голода и проч.

Говоря о гипоталамусе, нельзя не упомянуть хиазму, или перекрест зрительных нервов. Точно над перекрестом лежит группа из нескольких тысяч клеток, получившая название «супрахиазмальное ядро», СХЯ (по-английски SCN — suprachiasmatic nucleus). Очевидно, это и есть тот самый «центр сна», который искал Экономо. Сегодня мы знаем, что СХЯ по своей функции — то, что компьютерщики называют «хаб» (hub): узел, в котором сходятся и переправляются по назначению и зрительная информация (в том числе изменения освещенности), и обонятельные сигналы, и сигналы «голодных» нейронов, и т. д. В 1970-е годы было показано, что именно эта структура управляет суточными ритмами организма. Крысы и хомячки, у которых разрушали или удаляли СХЯ, утрачивали нормальный ритм сна и бодрствования, и более того, ритм возобновлялся, когда удаленный фрагмент ткани пересаживали обратно.

Недавно была высказана и экспериментально подтверждена остроумная гипотеза. Похоже, СХЯ управляет генными биочасами, находящимися в каждой клетке организма (о них речь впереди), причем удивительно элегантным способом — изменяя температуру тела. Если это так, то суточные колебания нашей температуры — не случайный побочный эффект, а ключевой

регуляторный механизм, та самая рука, которая подводит стрелки, выставляя правильное время на всех часах («Science», 2010, т. 330, № 6002, с. 379—385; научно-популярное изложение этой интересной работы можно найти на сайте «Элементы», <http://elementy.ru/news/431454>). Примечательно, что, если принудительно изменять температуру самого СХЯ, на его ритмы это не влияет.

В разгар войны, в начале 40-х, была открыта ныне несколько подзабытая ретикулярная, или «сетевая», формация ствола мозга. Ее одно время рассматривали как главный «генератор» чередования циклов сна и бодрствования. В норме ее нейроны как бы запирают мозг на время сна, не пропуская далее в спинной те же двигательные импульсы: мы не ходим во сне, даже если нам снится, что мы идем. Она также регулирует уровень сознания (переходы от сна к бодрствованию и обратно), воздействуя на нейроны коры.

### Гормоны сна и бодрствования

Концепцию циркадного ритма впервые сформулировала хронобиология. (Так называется область биологической науки, рассматривающая периодические явления у живых существ, в том числе циклы сна-бодрствования и их нарушения.) Согласно этой концепции, наш мозг следует не совсем точному суточному циклу. Эксперименты добровольцев, «замыкавшихся» в пещерах и бункерах, куда с поверхности не доносились ни свет, ни звуки, показали, что искусственный суточный ритм сна и бодрствования растягивается в среднем до 27 часов, почему и говорят о «циркадности» — подобию суток (слово происходит от лат. circa — около и dies — день). На растениях первые такие опыты провели еще в 1729 году: французский астроном Жан-Жак д'Ортуа Де Майран поместил в темную комнату гелиотроп и заметил, что его листья поднимаются и опускаются так же, как и на свету. С тех пор аналогичные опыты повторялись многократно и вполне убедили ученых, что циркадные ритмы есть у всех, вклю-



2  
Суточные изменения в физиологии человека

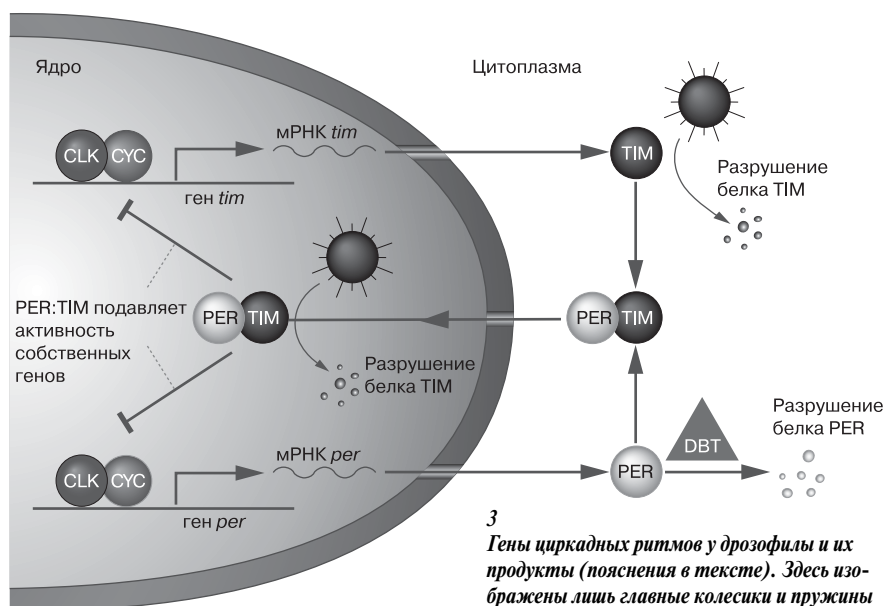
чая одноклеточные организмы и клетки в культуре. Эти ритмы проявляются и в темноте, но регулируются внешними факторами (обычно изменением освещенности).

Так или иначе, ритмы нашего организма синхронизированы с вращением Земли (рис. 2). Постепенно успехи нейробиологии позволили выявить вещества, регулирующие суточные циклы у высших животных. Наверное, всем, кто слышал о циркадных ритмах, запомнилось, что эпифиз, он же шишковидная железа, выделяет гормон мелатонин. Его действие вызывает глубокий сон. Сейчас даже появились лекарства и пищевые добавки, содержащие мелатонин (в нашей стране это, например, мелаксен, мелапур), — их рекомендуют при нарушениях сна и десинхронозах, вызванных переездами. Перелетел из Москвы в Новосибирск, проглотил таблетку в одиннадцать вечера по местному времени — и спи спокойно. Примечательно, однако, что синтез и выделение мелатонина идут в темноте и блокируются на свету не только у дневных животных вроде нас, но и у тех, которые днем спят, а ночью активны, вроде малой песчанки.

Эпифиз регулирует активность супрахиазмального ядра, а вот само СХЯ млекопитающего, по некоторым данным, приобретает свою способность «держат ритм» еще в утробе, под воздействием материнского мелатонина. Дорогие будущие мамы, врачи вам не зря советуют соблюдать режим сна...

Кроме того, бодрствование определяется синтезом и выделением таких активаторов нервных клеток, как серотонин и норадреналин. (Оба этих вещества принадлежат к классу нейромедиаторов, то есть участвуют в передаче сигнала через синапс — от одной клетки к другой.) Серотонин, он же «субстанция счастья», «гормон лидерства» и проч., синтезируется клетками, лежащими в стволе мозга. Еще дальше за серотониновыми клетками лежит группа, синтезирующая гормон активности, или гормон стресса, — норадреналин. Каждый знает, как трудно заснуть, когда ты чем-то встревожен.

Когда-то хиазма зрительных (оптических) нервов находилась в непосредственной близости от указанных двух групп нервных клеток, но затем разрастание таламуса отдалило ее от них. Однако функциональные связи с «оптической» зоной гипоталамуса сохранились. Как выяснилось, функция гормонов пробуждения заключается в подавлении активности нейронов, синтезирующих ГАМК, или гамма-аминомасляную кислоту, — главный «тормозной» нейромедиатор. Интересно, что ГАМК синтезируют клетки



преоптической области гипоталамуса, само название которой напоминает о находящейся чуть позади хиазме оптических нервов. Считается, что эта непростая система, состоящая из нескольких выше упомянутых групп нейронов, отвечает за наш крепкий сон, когда мы не видим никаких сновидений. (Эта фаза сна называется non-REM, в отличие от REM, когда у спящего регистрируются быстрые движения глаз — rapid eye movements.) Пока не совсем ясно, какое отношение к этой области имеет упоминавшаяся выше ретикулярная формация...

## Гены и белки

Изучение циркадных ритмов и биочасов продвигалось медленно, пока на помощь ученым не пришли методы, предвосхитившие начало геномного миллениума. Сегодня мы знаем, что каждый нейрон СХЯ — миниатюрные часы, отсчитывающие суточный ритм, и все эти тысячи часов работают в унисон, заставляя подчиняться себе остальные системы организма. Однако надо понимать, что нервный импульс представляет собой финальное крещендо длительных процессов, разворачивающихся в нейроне. Чтобы понять, что это за процессы, придется спуститься с клеточного на генный уровень.

О генах биологических часов «Химия и жизнь» уже писала («В мастерской Слепого Часовщика», 2000, № 2), но полезно будет рассказать эту историю еще раз, тем более что за десять лет добавились новые подробности.

Первые значимые открытия и тут были сделаны на любимом объекте генетиков — дрозофиле. Плодовую мушку просто содержать в лаборатории, одно поколение дрозофил сменяется за десять дней, и поэтому можно работать

### 3

*Гены циркадных ритмов у дрозофилы и их продукты (пояснения в тексте). Здесь изображены лишь главные колесики и пружины биологических часов. Более полную картину можно увидеть, например, в статье Басса и Такахаши («Science», 2010, т. 330, № 6009, с. 1349–1354)*

сравнительно быстро. На ней были хорошо отработаны методы мутагенеза и отбора мутаций, а кроме того, хотя человек и дрозофила не очень похожи друг на друга, многие наши гены имеют структурное и функциональное сходство. И активность мушки меняется в течение суток, так что по ее поведению можно судить об эффекте мутации. Хотя вся нервная система дрозофилы — это примерно сотня тысяч клеток, но и у нее позади глаз есть группа из 140–150 нейронов, ответственная за суточный ритм.

В 60-е — начале 70-х годов изучением генетики поведения дрозофилы занимался Сеймур Бензер в Калифорнийском технологическом институте. Рональд Конопка, один из его студентов, обнаружил первый ген циркадного ритма дрозофилы, локализованный в X-хромосоме. Ген получил название *period*, или *per*. (Белок, кодируемый этим геном, соответственно назвали PER.) Ученые нашли три мутантных аллеля *per*, помимо нормального «дикого типа». С одним суточный цикл мушки укорачивался до 19 часов, с другим — удлинялся до 29 часов, носители третьего вообще «часов не наблюдали» — периоды покоя и активности у них имели случайную продолжительность. Похоже было, что ученые добрались до одной из главных пружин часового механизма.

Ген *period* клонировали и секвенировали в 1984 году Майкл Розбаш и Джеффри Холл, а также Майкл Янг в Рокфеллеровском университете. Розбаш с коллегами также заметили, что концентрация матричной РНК (мРНК) гена *per* возрастает и убывает в течение суток. У мутантов эти колебания ускользали или замедлялись. В 90-е годы



были открыты новые детали механизма — гены *timeless*, сокращенно *tim*, *doubletime* (группа Янга), а также *Clock*, *cycle* и *cryptochrome* (группа Розбаха).

Какие непростые отношения связывают эти гены и их продукты, читатель узнает (или вспомнит), взглянув на рис. 3. Продукты генов *Clock* и *cycle* — факторы транскрипции *period* и *timeless*, то есть белки, регулирующие синтез мРНК этих генов. Молекулы матричной РНК синтезируются, понятно, в ядре, где находится ДНК, а затем выходят в цитоплазму — там они становятся матрицами для синтеза белков PER и TIM. Эти белки соединяются, образуя гетеродимер (молекулу из двух неодинаковых субъединиц). С приближением вечера этот гетеродимер входит в ядро и выключает там синтез мРНК с генов *Clock* и *cycle* — а тем самым и белков CLK и CYC, а значит, и собственных мРНК. Концентрации PER и TIM, все это время нараставшие, начинают падать, наконец, становится мало «выключателя»-гетеродимера PER:TIM, и снова активируются *Clock* и *cycle*. Круг замкнулся, начался новый день.

А почему, собственно, концентрации PER и TIM падают? За это отвечают другие упомянутые выше гены и их белки. Известно, что деградация белка TIM быстрее идет на свету. Точнее, светом активируется продукт гена *cryptochrome*, белок CRY. Криптохромы — это флавопротеины (то есть белки, содержащие рибофлавиновые производные нуклеиновых кислот), чувствительные к голубому свету. Теперь известно, что криптохромы участвуют в регуляции циркадных ритмов и у растений, и у животных (а кроме того, отвечают за чувствительность к магнитному полю у некоторых видов, но это совсем другая история). И вот этот криптохром ранним утром взаимодействует с TIM и обрекает его на быстрый распад. А поскольку TIM стабилизирует своего соседа PER, тот тоже распадается. Продукт гена *doubletime* (DBT), видимо, фосфорилирует PER (то есть прицепляет к нему фосфатную группу) и тем самым еще ускоряет его деградацию.

Важный вопрос — какие молекулярные механизмы обеспечивают связь между световым сигналом (высшие организмы, как известно, воспринимают его глазами, а отнюдь не каждой клеткой тела) и генами биологических часов? До недавнего времени считалось, что фототрансдукция — превращение светового сигнала в электрический, передаваемый по нейронам, — может осуществляться только в сетчатке глаза и только через посредство ретиналя, активного компонента родопсина. Ученые из Калифорнийского университета в Ирвине выяснили, что такой

же способностью обладает белок CRY, причем он задействует механизм, независимый от TIM и PER («Science», 2011, т. 331, № 6023, с. 1409—1413). Если нейрон, в котором экспрессируется CRY (а это, например, нейроны-ритмоводители биологических часов дрозофилы), осветить голубым светом, длина волны которого соответствует чувствительности CRY, то запускается сложный каскад реакций с участием калиевых мембранных каналов и генерируется потенциал действия — нейрон под прямым воздействием света дает электрический сигнал. Контрольные опыты показали, что с опсином, зрительным пигментом дрозофилы, эта реакция никак не связана. А вот если в эксперименте заставить синтезировать CRY другие нейроны, ранее не обладавшие светочувствительностью, то они тоже начинают генерировать сигналы в ответ на вспышки света.

Стоит еще назвать ген *pdf*, не имеющий никакого отношения к формату электронных документов. Продукт этого гена, пептид (то есть короткий белок) под названием *pigment dispersing factor*, видимо, отвечает не только за распределение пигмента, но и за связь между «часами» дрозофилы и другими участками ее нервной системы — то есть именно он передает приказы от «часов» всему организму.

Здесь перечислены не все гены дрозофилы, чья роль в поддержании циркадного ритма известна к настоящему времени. И та картина, которая известна ученым, тоже, безусловно, не полна.

## Мыши и люди

Аналоги мушиных генов были найдены у млекопитающих. (Важный вклад в обнаружение мышиных генов биологических часов внес Джозеф Такахаши из Медицинского института Говарда Хьюза.) Дело пошло быстрее с новыми методами биоинформатики и геномными базами данных. Многие гены циркадных ритмов млекопитающих имеют те же названия, что и у дрозофилы (хотя мышиный эквивалент *cycle*, например, зовется *Bmal1* — *Brain and Muscle-like protein*). Реальная схема их взаимодействия гораздо сложнее, чем рисунок 3, и мы ее не покажем, чтобы не устрашать читателя. Достаточно упомянуть, что генов *per* у мыши три штуки, а *cryptochrome* — два. У мышей с «нокаутированным», то есть выключенным, *Cry1* суточный цикл укорочен, а с выключенным *Cry2* — удлиннен, если же выключены оба, мышь полностью теряет чувство времени.

У человека описан так называемый синдром раннего засыпания — *advanced sleep phase syndrome* (ASPS).



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Такие люди — «гипержаворонки», они ложатся спать засветло и просыпаются затемно. Этот синдром бывает наследственным, и недавно выяснилось, что причиной могут быть мутации в гене *hPer2* (*h* здесь от *human* — человеческий). А вот противоположную напасть, *delayed sleep-phase syndrome* (DSPS), когда несчастная «сова» засыпает в три часа ночи и не может проснуться утром, связывают с геном *hPer3*. Впрочем, следует помнить, что большинство нарушений сна не являются врожденными и лечатся элементарными, всем известными правилами вроде «рано в кровать, рано вставать», «не передайте на ночь» и «не спите при электрическом свете». В утверждении «все эти «совы» — просто лентяи» много печальной правды. Но правда и то, что есть и люди, физиологически неспособные проснуться в семь утра, и это может быть связано с генами.

Шутники, помимо «сов», «жаворонков» и «голубей» (тех, у кого циркадный цикл примерно равен суточному, кто вовремя засыпает вечером и легко просыпается утром), выделяют еще «дятлов». Это, понятно, те, кто свеж и бодр в любое время суток на зависть окружающим. Шутка шуткой, но люди, которые спят мало и при этом высыпаются, действительно существуют — такая способность была, например, у Н.В.Тимофеева-Ресовского. Исследования выявили целые семьи малоспящих (так же, как, увы, и долгоспящих — некоторые люди нуждаются в более продолжительном сне, чем другие). А раз семьи, значит, дело в генах. Два года назад у людей и мышей обнаружили ген, который ассоциируется с «фенотипом короткого сна» («Science» 2009, т. 325, № 5942, с. 825—826 и 866—870). Это оказался ген репрессора транскрипции (*hDEC2-P385R*, или просто *DEC2*), то есть белка, который подавляет активность генов. Еще раньше было известно, что белки этого семейства подавляют транскрипцию мышиного *Per1*, вмешиваясь в работу CLOCK:BMAL1 («Nature», 2002, т. 419, № 6909, с. 841—844). Авторы исследования оптимистично предполагают, что это открытие когда-нибудь позволит найти новые эффективные и



безопасные средства для регулирования сна. И в самом деле, пора бы уже чем-то заменить феназепам и кофе.

Конечно, существуют и «тяжелые» мутации, которые нарушают сразу многое в нервной системе, в том числе и сон. У дрозофилы, например, имеется ген *Shaker* (подобный ген есть и у мышей), который кодирует белок калиевого канала. Название «трясущийся» ген получил потому, что у мух, усыпленных эфиром, наблюдалось характерное дрожание лапок, да и при пробуждении их двигательная способность явно была нарушена. Мухи с мутациями этого гена спали гораздо меньше, чем нормальные особи. Еще один ген — *sleepless* — кодирует белок, который регулирует экспрессию и работу шейкер-каналов в нервной системе дрозофилы, поэтому мутации в нем тоже приводят дрозофил к бессоннице.

У человека также найдены гены, «полмки» в которых вызывают серьезнейшие нарушения сна. Есть неизлечимая наследственная болезнь — фатальная семейная бессонница (известно примерно 40 семей, которые страдают этим заболеванием). Она развивается по доминантному типу, то есть «скрытых носителей», как, например, при гемофилии, быть не может: если у человека есть этот ген, болезнь его не минует. Проявляется она в возрасте от 30 до 60 лет. Сначала больной страдает от прогрессирующей бессонницы, потом начинаются фобии, галлюцинации, и примерно через полтора года — слабоумие и смерть на фоне полной неспособности спать. Причина болезни — мутация в гене прионового белка *PRNP*. (Сам белок в нормальном виде называется PrP<sup>c</sup>, где *c* означает cellular — клеточный.) Если в кодоне 178 этого гена, находящегося в 20-й хромосоме, аспарагин заменен на аспарагиновую кислоту, а в позиции 129 присутствует метионин, то получается белок со свойствами приона, образующий амилоидные бляшки в таламусе. Мутации в том же гене отвечают за наследственный синдром Крейтцфельда — Якоба. А у представителей племени форе из Новой Гвинеи, чьи предки были каннибалами — те самые, среди которых распростране-

на болезнь куру, чью инфекционную природу доказал Карлтон Гайдушек, — обнаружены варианты этого гена, обеспечивающие иммунитет к куру. Кстати, мутации, вызывающие фатальную наследственную бессонницу и синдром Крейтцфельда — Якоба, описали Лев Гольдфарб с сотрудниками, работавшие у Гайдусека в Национальном институте здоровья («Science», 1992, т. 258, № 5083, с. 806—808.).

## Новые факты

Эпигенетикой еще в 20-е годы прошлого века назвали изменения генов, происходящие после их воспроизведения в потомстве. Сегодня под эпигенетической модификацией понимают метилирование ДНК и гистонов (белков, на которые «наматывается» ДНК), то есть присоединение к ним метильных групп —СН<sub>3</sub>. Метилирование, а также ацетилирование (присоединение остатков уксусной кислоты) — один из важнейших регуляторных механизмов активности генов. С учетом этих фактов картина регуляции суточного ритма конечно же усложнилась. Установлено, например, что у млекопитающих молекулярные часы регулируют выработку кофермента NAD<sup>+</sup>. А он, в свою очередь, регулирует активность фермента деацетилазы, которая управляет активностью генов. Об этом рассказали в своей статье Джозеф Басс и Джозеф Такахаси, посвященной, в частности, тому, как биологические часы регулируют обмен веществ («Science», 2010, т. 330, № 6009, с. 1349—1354).

То, что метаболизм циклически изменяется в течение суток, известно было давно. А теперь известно, что суточный метаболизм клетки управляется теми же продуктами генов биологических часов, в том числе через метилирование и ацетилирование. Следовательно, десинхронозы вполне могут быть причиной нарушений обмена веществ. Мы получаем все новые данные в подтверждение этого. Например, ученые Пенсильванского университета в сотрудничестве с коллегами из Гарварда установили, что гистон-деацетилаза

контролирует липидный обмен в клетках печени, причем активность этого фермента возрастает и убывает в 24-часовом цикле — то есть сама она подчинена биологическим часам («Science», 2011 т. 331, № 6022, с. 1315—1319).

На смену решенным загадкам, как это всегда бывает в науке, приходят новые. Вот лишь два примера. Владислав Вязовский («Nature», 2011, т. 472, № 7344, с. 443—447) со своими коллегами по Висконсинскому университету установил, что у крыс, которых лишали сна, отключение нейронной активности коры происходит мозаично — в ней появлялись «сонные пятна». Ученые назвали это явление «локальным сном» (local sleep). Число подобных очагов возрастает при удлинении вынужденной бессонницы, и, очевидно, поэтому крысы хуже выполняют специальные тесты. Возможно, «сонные пятна» станут еще одной перспективной моделью для изучения работы клеточных часов. А недавно было показано, что ритмическая активность характерна и для эритроцитов млекопитающих, у которых, как известно, нет собственного ядра, а значит, нет и генов биологических часов («Nature», 2011, т. 469, № 7331, с. 498—503). Что же тогда отсчитывает время для эритроцитов? Может быть, в геноме их митохондрий имеются гены, которые обладают ритмической активностью?

Многое еще предстоит узнать о том, каким образом «ритмоводители» организма, подобные СХЯ, передают сигналы точного времени другим органам, как они сами подстраиваются по внешним сигналам и личным обстоятельствам особи. Интересно было бы выяснить, как влияет на циркадные ритмы РНК-интерференция. Кроме того, помимо суточных ритмов есть и другие. Биологические часы в разных типах клеток идут с неодинаковой скоростью. Например, клетки кожи и слизистой кишечника делятся каждые три дня, время между делениями клеток костей тянется годами, а некоторые стволовые клетки тимуса — главного органа иммунной системы — могут не делиться в течение всей жизни. Сегодня мы знаем, как подстегнуть деление и развитие обычных клеток кожи, чтобы получить из них индуцированные стволовые клетки. Но их потенциал не идет — по крайней мере, пока — ни в какое сравнение с эмбриональными стволовыми клетками. Так что часовых дел мастерам предстоит еще много работы.





Художник Е. Станикова

# Вопросы веса и кормления

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

Человека окружают животные: лабораторные, сельскохозяйственные, домашние, незаконно пробравшиеся в погреб. И всех надо обеспечить едой. Однако с кормлением зверей, как и с питанием людей, похоже, возникли проблемы. Едят-то они едят, но правильно ли?

## Люди — разносчики ожирения

Неправильное питание людей вкупе с малой подвижностью вызывает ожирение, которое в последние десятилетия принимает характер эпидемии. Но оказалось, что звери, живущие рядом с человеком, тоже набирают вес. С чего бы это?

Об ожирении как эпидемии специалисты заговорили около полувека назад. Называли и причины: малую физическую активность и однообразное калорийное меню. Однако рост массы тела могут вызывать и другие, не столь очевидные факторы, которые трудно выявить на фоне массового потребления гамбургеров, пиццы и сладкой газировки. Не исключено, что на человека влияет искусственная среда, которой он себя окружил. Однако в этой индустриальной экосистеме обитают не только люди, но и животные — спутники человека. И если дело не в одном фастфуде, они тоже должны толстеть.

Примерно так рассуждал профессор Дэвид Аллисон из университета Алабамы в Бирмингеме, США. (В Америке есть соб-

ственный Бирмингем.) Вместе с коллегами из нескольких американских исследовательских центров он выяснил, изменилась ли за последние полвека масса тела животных, сопутствующих человеку. Ученые просмотрели громадное количество публикаций, консультировались со специалистами приматологических центров, токсикологами и авторами научных статей и в результате собрали данные о 20 000 животных, принадлежащих к восьми видам, причем эти данные относились ко второй половине XX века и охватывали не менее десятилетия.

Прежде всего в поле зрения исследователей попали обезьяны из приматологических центров Висконсина, Орегона и Калифорнии: макаки, шимпанзе, верветки и мармозетки. Они живут в строго контролируемых условиях, и их рацион не меняется десятилетиями. То же самое можно сказать о лабораторных мышах и крысах. Вторую группу составляют животные, пребывающие в более изменчивой среде: домашние кошки и собаки. (Исследователи не указывают породы животных, но разницу между боксером и карликовым пинчером они, наверное, учли.) И наконец, ученые собрали данные о нескольких популяциях серых крыс, населяющих парки, сельскую местность и городские окраины, то есть живущих рядом с человеком, но вне его контроля.

Ожирение как болезнь чаще всего развивается у людей в возрасте 30—39 лет, поэтому исследователей интересовали звери, чей возраст примерно соответствовал 35 человеческим годам. Этот возраст для каждого вида рассчитывали по формуле  $L(35/80) \pm 0,025L$ , где L — свойственная виду средняя продолжительность жизни, а 80 лет — средняя продолжительность жизни человека.

Итак, ученые собрали и обработали данные о животных в полном расцвете сил, здоровых, не принимавших участия в испытаниях токсинов и лекарств, не терпевших ограничения в пище и не подвергавшихся целенаправленному отбору по массе тела. Результаты их работы представлены в таблице, из которой видно, что во всех случаях масса тела животных

Вид	Увеличение средней массы тела за 10 лет (%)	Увеличение вероятности ожирения (%)
Макаки	7,7	86
	7,9	144
Шимпанзе	33,2	1800
	37,2	1100
Верветки	2,9	83
	9,4	83
Мармозетки	9,2	64
	9,7	173
Лабораторные мыши	10,5	-
	11,8	200
Лабораторные крысы	6	125
	0,2	45
Домашние кошки	5,7	Недостаточно уменьшается
	13,6	84
Домашние собаки	2,2	7
	3	13
Крысы Балтимора	5,7	20
	7,2	26
Сельские крысы	4,5	19
	5,2	26

#### *Рядом с человеком и животные набирают вес*

возрастала, как и вероятность ожирения. Это не может быть случайностью, потому что вероятность такой случайности составляет, по подсчетам исследователей, всего  $1,2 \cdot 10^{-7}$ . Самки полнее самцов, и шансы заработать ожирение у них выше, но статистически достоверна лишь разница в вероятности ожирения. В целом лабораторные животные набирают больший вес и чаще страдают от ожирения, чем нелабораторные.

Такое масштабное исследование проведено впервые, хотя его результаты вряд ли удивят людей, имеющих дело со зверями. Авторы работы ссылаются на данные компаний, страхующих здоровье животных: число выплат, связанных с ожирением, в последние годы возросло на 19%. Неспроста появились специальные корма для кошек и собак, которым необходимо сбросить вес. Американские коневоды в 2009 году отмечали, что до 19% лошадей в больших табунах страдают ожирением, при том, что большую часть времени они свободно пасутся, а не поедают комбикорм. Несколько лет назад лошадей с избыточным весом было меньше на 5%.

Не только взрослые животные набирают вес. Тяжелеют маленькие дети, вплоть до маломесячных младенцев, которые уж точно гамбургеров не едят и не страдают от нехватки уроков физкультуры. Специалисты Гарвардской медицинской школы, наблюдавшие за малышами в течение 22 лет, отмечают, что за это время доля детишек с избыточным весом возросла с 6,3 до 10%, а детей, находящихся в группе риска, — с 11,1 до 14,4%.

Собрав воедино все эти сведения, исследователи убедились, что в популяциях животных, близких к людям, происходят те же изменения, что и в человеческих, при том, что основные факторы, вызывающие ожирение у человека, на зверей влияния не оказывают. Они ведь не лопают всякую гадость из торговых автоматов и не страдают от малой физической активности, во всяком случае, вольноживущие крысы. Кроме того, увеличивается масса тела животных, обитающих в самых разных условиях: в виварии, в квартире или доме с садом, в подвале или в амбаре. Очевидно, избыточный вес появляется в результате каких-то других причин, еще не установленных или плохо понятных.

Что касается людей, то к свирепствующей среди них эпидемии ожирения может привести изобилие в окружающей среде веществ, которые влияют на эндокринную систему и способствуют увеличению объема жировой ткани. К таким веществам, в частности, относятся ароматические углеводороды, содержащие галоген. Исследователи печально замечают, что о действии синтетических химических соединений на эндокринную систему известно немного, и переходят к другой возможной причине ожирения — инфекционной. Так, вызывающий респираторные заболевания аденовирус-36 воздействует и на

жировые клетки, которые после этого быстрее накапливают липиды. В США аденовирусом-36 заражена примерно пятая часть населения, причем антитела к нему у людей, страдающих ожирением, обнаруживают в три раза чаще, чем у пациентов с нормальными весом. Не исключено, что аналогичным свойством обладают и другие инфекционные агенты.

У животных могли быть и специфические, чисто звериные причины набрать вес. Например, вполне вероятно, что дикие крысы покрупнели в ходе естественного отбора — мелких чаще ловят хищники. А может быть, дело в том, что люди стали больше есть и оставляют больше отходов, которыми продовольствуются грызуны. Однако эти обстоятельства не объясняют укрупнение лабораторных животных, чей рацион находится под строгим контролем. Обычно корма им дают вволю, возможно, они теперь больше съедают и от этого полнеют. Но почему мыши и крысы стали больше есть, если рацион не менялся в последние несколько десятков лет? Быть может, причина в том, что 30 лет назад изменились стандарты содержания животных. Действительно, лабораторные животные и домашние питомцы получают хороший уход и медицинскую помощь, в таких условиях и люди толстеют. Но этот факт не объясняет, почему увеличивается вес диких крыс. Так что единой для всех причины набора веса найти пока не удастся. Тем не менее ученые надеются, что их наблюдения помогут лучше понять природу ожирения.

## Что купила бы ваша киска

Как бы ни влияли на обмен веществ вирусная инфекция и химическое загрязнение, желающие иметь хорошую фигуру должны правильно питаться. Люди решают эту проблему с помощью диетолога, животные справились бы сами, но вынуждены довольствоваться тем, что положит в миску хозяин.

Сейчас проблему питания домашних любимцев крепко взяли в свои руки производители кормов. Задача перед ними стоит двоякая. Прежде всего, конечно, надо грамотно составить рацион, чтобы животное было сытое, красивое и бодрое, попольку здоровый кот без всяких хлопот — лучшая реклама для фирмы. С другой стороны, вкусный и питательный корм хотелось бы сделать еще и дешевым, например замуровав маленький кусочек мяса в толстую углеводную оболочку. Но если людям в дешевых столовых без долгих раздумий подсовывают котлеты, в которых хлеба больше, чем мяса, то крупные производители кошачьего корма подходят к проблеме со всей ответственностью и для разработки кормов содержат целый штат исследователей и экспериментальных животных. Недавно специалисты всемирно известной фирмы «Уолзем» (WALTHAM) в содружестве с коллегами из Сиднейского университета и Университета Мэсси (Новая Зеландия) предприняли специальное исследование, чтобы выяснить, какой рацион составила бы себе кошка, будь у нее свобода выбора, и какой корм она в состоянии усвоить, если этой свободы лишена.

В эксперименте приняли участие взрослые стерилизованные короткошерстные коты и кошки, выведенные и живущие в Центре питания домашних животных «Уолзем». Я в дальнейшем буду упоминать то котов, то кошек, чтобы избежать повторения, но пол животных в данном случае не имеет значения. Итак, звери жили в домиках, их регулярно выпускали для общения и променада, кормили индивидуально. Исследователи сформировали по шесть диет на основе сухих и влажных кормов. Сухие корма содержали в разных соотношениях куриную муку, кукурузу, молотый рис, пшеничную муку и говяжий жир. Влажные корма состояли из куриной грудки, соевого белка, сала и пшеничной муки. Суть эксперимента заключалась в том, что кошкам в течение нескольких дней предлагали на выбор несколько видов корма с различным соотношением белков, жиров и углеводов, а затем лишали их выбора: два-три дня давали только один вид, потом только другой и так далее, в случайном порядке. Пропустив кошек через несколько таких циклов, им снова позволяли выбирать. В миску клали определенное

количество еды — 150 г сухого корма или 190 г влажного — и оставляли на несколько часов. В определенное время миски забирали, взвешивали все несъеденное и определяли, сколько белков, жиров и углеводов кот потребил и какое количество калорий из них извлек.

Когда у животных есть выбор, они съедают в день примерно 26 г белка, 9 г жиров и 8 г углеводов, то есть от белков они получают 52% энергии, от жиров — 36% и только 12% от углеводов. При этом углеводистого корма, особенно с низким содержанием белков, они стараются избегать. Наименьшая доля углеводов среди сухих кормов составляла 26%, но кошкам и этого было много. По расчетам специалистов, взрослый пятикилограммовый кот потребляет около 1017 кДж в сутки, а из углеводов он может извлечь около 300 кДж/день, не больше. Когда животных вынуждали питаться сухими крахмалистыми кормами с низким содержанием белка, они не добивали примерно половину суточной нормы калорий. В ходе эксперимента несколько котов выбыли из-за похудения и проблем с пищеварением.

Итак, котам нужны белки, иначе они не получают должного количества энергии. Казалось бы, если белка в корме мало, нужно просто съесть побольше, чтобы набрать необходимое количество протеина и калорий. Всеядные животные, например, именно так и поступают. Вспомните хотя бы медведя в малине или в овсах или гигантскую панду, которая целыми днями жует бамбук, и ничего, жива.

Однако кошки так не могут. Травой, овсом или ячменем их не прокормить, пусть зерновые и богаты белком. По-видимому, существует предельное количество углеводов, которое кошки могут съесть за день, о чем свидетельствуют некоторые особенности их физиологии. Например, коты не имеют вкусовых рецепторов, реагирующих на сладкое, медленно усваивают глюкозу, в их слюне нет фермента амилазы, расщепляющего крахмал и другие углеводы, а активность амилазы в поджелудочной железе ниже, чем у собак. И поскольку переваривать углеводы кошкам практически нечем, углеводная диета для них вредна. То, что не усвоилось в тонком кишечнике, переходит в толстый и там подвергается микробной ферментации, конечный продукт которой — органические кислоты. У кошек, вынужденных питаться крахмалистой пищей, развивается ацидоз — закисление внутренней среды организма, чреватое системными функциональными расстройствами: угнетением центральной нервной системы, а также нарушением дыхания, функций сердечно-сосудистой системы и мочеотделения.

Коты не одни такие. У лососевых рыб тоже есть некий «углеводородный потолок», который они не могут превысить, иначе пища просто не усваивается. Возможно, есть он и у других хищников. Так что если тощий уличный кот отказывается есть предложенный ему кусок хлеба, это не означает, что он сыт, просто ему нужна другая пища. При нехватке белка он скорее съест что-нибудь жирное, чем крахмалистое. А вот котята в такой ситуации не пропадут. Еще четверть века назад сотрудники Калифорнийского университета показали, что кошачьи малыши умудряются извлекать необходимое количество белка из любого корма (им предлагали пищу с содержанием белков и углеводов 18 и 38, 18 и 54 или 36 и 54%).

Интересно, что, когда коты, посидев на вынужденной диете, снова получают возможность выбора, они едят меньше углеводов, чем до принудительного кормления, зато налегают на белки. Изменение вкусов связано с тем, что животные, наученные опытом, стараются избегать превышения углеводного лимита.

Все сказанное выше относилось к сухим кормам. Влажные корма не такие крахмалистые, поэтому кошки, питаясь несколько дней подряд едой с низким содержанием белка, могут съесть побольше, чтобы набрать протеиновую норму, избежав при этом передозировки углеводов. Но они так не поступают и съедают даже несколько меньше, чем при свободном выборе. Исследователи полагают, что у кошек есть ограничение на общее количество потребляемого за день корма. Очевидно, такая пищевая стратегия действует только при вынужденном



## ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

однообразном рационе, потому что коты, у которых есть выбор, порой обжираются.

Если рацион излишне богат протеинами, кошки, не превышая допустимого объема съеденного, перебирают калорий. В этом они не одиноки: чрезмерное количество белка при возможности потребляют хищные жуки, норки, европейский сиг. Этим хищники отличаются от травоядных и всеядных животных, которые всегда соблюдают белковый баланс.

Специалисты «Уолзема» утверждают, что провели одно из самых масштабных исследований, посвященных питанию хищников. Они определили, какое соотношение жиров, белков и углеводов для них предпочтительнее и сколько калорий звери оттуда извлекают. Теперь владельцы кошек предупреждены и, читая этикетку на упаковке корма, должны в первую очередь обращать внимание не на новый вкус, а на состав продукта, то есть соотношение белков, жиров и углеводов. В хороших кормах около 5% клетчатки, а белков пусть будет больше 30%. Полезно и на калорийность взглянуть. Впрочем, в Интернете есть много сайтов, которые анализируют состав кормов и достоинства каждого их компонента в отдельности, так что не будем их дублировать.

Второй важный результат этой работы состоит в том, что кошкам нужно разнообразное питание. До недавнего времени бытовало мнение, что хищники пробавляются исключительно мясом, поэтому им и выбирать-то не из чего. Действительно, их пищеварительная система в ходе эволюции настроилась на потребление мяса и жиров, которые содержат почти все необходимые питательные вещества. Более половины калорий животные, стоящие на вершине пищевой пирамиды, извлекают из белков: кошки 52%, хищные рыбы — 55%.

Но оказалось, что не белками едиными жив хищник. Имея перед собой три миски с кормом разного состава, кошки отъедали из каждой: из одной побольше, из другой чуть-чуть, но не ограничивались одним блюдом. При возможности они составляют рацион таким образом, чтобы получить питательные вещества в нужном соотношении, не разжирев на белках и не расстроив кишечник на травах.

Любой котовладелец знает, что кошки очень разборчивы в еде, причем нередко ухитряются добавить к обычному рыбному или мясному рациону такие продукты, которые никто и не думал им предлагать: свежие огурцы, консервированный зеленый горошек, отварную морковь или вареную спуденку. Но с точки зрения специалистов, подобные наблюдения по своей научной ценности мало отличаются от охотничьих рассказов, а для изучения кошачьих предпочтений нужны грамотно поставленные эксперименты. Вот производители кормов их и поставили. Будем надеяться, что они примут к сведению собственные рекомендации.

### В статье использованы материалы:

**Yann C. Klimentidis et al.** Canaries in the coal mine: a cross-species analysis of the plurality of obesity epidemics. *Proceedings of the Royal Society B*, 2011, т. 278, с. 1626–1632; doi:10.1098/rspb.2010.1890

**Adrian K. Hewson-Hughes et al.** Geometric analysis of macronutrient selection in the adult domestic cat, *Felis catus*. *The Journal of Experimental Biology*, 2011, т. 214, с. 1039–1051; doi:10.1242/jeb.0494291

# Что нужно для языка?

Кандидат  
филологических наук  
**С.А.Бурлак**

В ближайшее время в магазинах появится книга, которая будет интересна многим читателям «Химии и жизни», — «Происхождение языка: Факты, исследования, гипотезы» С.А.Бурлак (М.: Астрель: CORPUS, 2011, издано при поддержке фонда «Династия»). Как говорится в аннотации: «Обсуждение проблемы происхождения человеческого языка в последнее время вышло на вполне научный уровень. На смену философским размышлениям о том, как мог бы возникнуть язык, пришел углубленный анализ типов коммуникативных систем и направлений их развития, устройства мозга и возможности генома, закономерностей экологии и эволюции. В свете этих данных картина происхождения человеческого языка вырисовывается достаточно четко — хотя и не во всех подробностях, но зато с весьма высокой степенью обоснованности. В книге речь идет не о том, что могло бы быть, а о том, что точно было (а в каких-то случаях и до сих пор есть), и о том, что — в соответствии с установленными к настоящему времени законами — не могло из этого не воспоследовать».

Мы приводим лишь небольшой отрывок в журнальном варианте и, к сожалению, не можем познакомить читателя с полным списком литературы, использованной автором даже в этом коротком отрывке. Список очень длинен, поскольку каждое утверждение подтверждено научными данными. Кто захочет узнать больше — ищите книгу.

Существует целый ряд свойств человеческого мышления, которые, вероятно, выработались в ходе эволюции в связи с развитием языка. В первую очередь это касается свойств, необходимых для усвоения языка детьми.

Прежде всего, у детей отчетливо выражено стремление общаться с другими людьми, стремление подражать им и стремление угадывать, что имеет в виду тот, кто с ними общается.

Далее, дети приходят в мир с желанием обнаруживать слова — то есть интерпретировать звуки, произносимые окружающими, как знаки. Для человека вообще характерно стремление во всем видеть знаки, интерпретировать все вокруг. Как пишут Элизабет Вейланд Барбер и Энн Петерс, «в чем люди сильны — так это в перепрыгивании от исходных фактов к конечным выводам: нам достаточно двух-трех крупиц информации, чтобы построить на их основании модель или правило и увериться, что решение проблемы у нас в кармане и можно переходить к следующей». Т. Дикон отмечает, что, с тех пор, как человек научился оперировать символами, «мы не можем видеть мир иначе, чем в четких терминах символов... Нам нравится манипулировать миром, укладывая его в прокрустово

ложе символов, и, когда мир подчиняется и выглядит соблюдающим символические правила, получившийся результат успокаивает нас и мы даже находим его красивым».

Такое свойство мышления позволяет человеку выучить в раннем детстве огромное количество слов — и это не выработка условных рефлексов: детей, в отличие от дрессированных животных, не приходится награждать за каждое правильное понимание (и употребление) языковых знаков.

У человека имеется желание слышать речь, которую можно понять, — и оно столь велико, что подчас заставляет обнаруживать слова в шумах природы. Например, песня птицы чечевицы описывается обычно как вопрос «Витю видел?», певчий дрозд зовет «Филипп! Филипп! Приди! Приди! Чай пить! Чай пить! С сахаром!». Героиня повести Серой Сова «Саджо и ее бобры» слышит в шуме реки «Саджо, Саджо, иди, иди, Саджо, Саджо, в город пойдите!». Подобные примеры легко умножить. Психолингвист Стивен Пинкер признается, что однажды «услышал» слова в синусоидной волне, генерируемой компьютером. Даже новорожденные младенцы предпочитают звуки речи (включая такие, которые они не могли различать в утробе) неречевым

звукам, похожим на речевые по своему тембру и ритмике. Желание понимать речь развито у человека настолько сильно, что он способен игнорировать нечеткости произношения, отклонения от грамматической нормы, неточные и даже неверные словоупотребления. Последнее, впрочем, может вызвать комментарий, что, мол, говорящий «сказал А вместо Б» (свидетельствующий о том, что, хотя сказано было А, слушающий тем не менее понял, что говорящий имел в виду Б).

Чрезвычайно важно для становления языка присущее человеку стремление к кооперации — в книге Майкла Томаселло «Истоки человеческого общения» оно даже рассматривается в качестве главной движущей силы глоттогенеза (возникновения языка в ходе эволюции. — Примеч. ред.), Томаселло обращает внимание на то, что люди в гораздо большей степени, чем обезьяны, склонны к кооперации, они могут иметь совместные цели и совместные намерения, общие знания и убеждения. Обращаясь к другому человеку, человек молчаливо предполагает, что собеседник поведет себя кооперативно: поможет, если его попросить, примет информацию, если ему ее предложат, проникнется впечатлением, которым с



Светлана Анатольевна Бурлак — выпускница Отделения теоретической и прикладной лингвистики филологического факультета МГУ, кандидат филологических наук, ученица выдающегося лингвиста С.А.Старостина и его соавтор по учебнику «Сравнительно-историческое языкознание». В последние годы занимается происхождением человеческого языка.



КНИГИ

ним поделились. Поэтому, например, сообщение типа «Я хочу пить» практически равносильно прямой просьбе дать воды. Когда человек воспринимает обращенный к нему коммуникативный акт (в звуковой или жестовой форме), он вполне готов к тому, что сообщаемая информация релевантна именно для него, а не для сообщающего. Например, если вам укажут рукой в некотором направлении, велика вероятность, что, посмотрев туда, вы обнаружите нечто существенное для себя, но не обязательно для указывающего.

У обезьян, даже обученных языкам-посредникам, коммуникативная установка другая. При анализе «высказываний» обезьян — участниц языковых проектов выяснилось, что подавляющее большинство тех из них, что животные производили по собственному почину, составляют просьбы. У человека же с самого раннего детства спектр возможных целей высказывания гораздо шире: самые первые слова детей и даже жесты тех, кто еще не умеет говорить, могут быть далеко не только просьбами. Среди примеров, приводимых Томаселло, есть такие, когда дети делятся впечатлениями («<Слышишь, там гудит> самолет!», «<Ух, какая елка!») и даже помогают взрослым (например, ребенок L в возрасте 13 с половиной месяцев, видя, что мама не может найти магнит, показывает ей на корзинку, в которой этот магнит лежит, скрытый фруктами). У человекообразных обезьян, воспитанных людьми, развивается указательный жест, и они с удовольствием показывают экспериментатору... то, что нужно для выполнения желания самого животного, но, по данным Томаселло, никогда — то, что было бы полезно только человеку. (Об исследованиях коммуникативных способностей маленьких детей и обезьян, которые проводили Майкл Томаселло и его коллеги, см. «Химию и жизнь», 2008, № 9. — *Примеч. ред.*)

Разумеется, некоторые способности к кооперации и бескорыстной помощи другим есть и у шимпанзе (особенно если при этом не надо делиться пищей): в экспериментах Феликса Варнекена и Майкла Томаселло шимпанзе, как

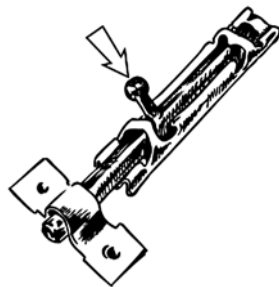
и полуторагодовалые дети (еще не овладевшие языком), охотно и по собственной инициативе помогали человеку поднять «случайно» уроненные мелкие предметы (например, бельевые прищепки), которые он «пытался, но не мог» достать. Но у человека — особенно в том, что касается коммуникации, — соответствующие склонности развиты гораздо сильнее.

Кроме того, у человека отчетливо выражено представление о том, что все предметы имеют названия, а также желание (которое проявляется начиная с очень раннего возраста, нередко до овладения речью) эти названия узнавать — чтобы впоследствии использовать вместо предметов при мышлении. Свойство это, вероятно, присуще всем человеческим детям и является врожденным (или, может быть, легко формируется на базе врожденных предпосылок). Уже в первые месяцы жизни младенец, слыша, как мама (или другой взрослый) называет тот или иной предмет, дольше задерживает на нем свой взгляд. Иногда желание узнавать имена вещей проявляется очень ярко, как у мальчика Саши, который в возрасте 1 года и 1 месяца, еще не умея говорить, стал, показывая пальцем на различные предметы, издавать (не открывая рта) звук типа [к] с требовательной интонацией — этот коммуникативный комплекс, как было выяснено экспериментально, обозначал не «Покажи мне это» и не «Дай мне это», а именно «Назови мне это» (на попытки показать или дать соответствующий предмет Саша реагировал как на коммуника-

тивную неудачу, повторяя требование). Этот тип коммуникации продержался в его репертуаре несколько месяцев и постепенно исчез, когда Саша начал произносить первые слова (личные наблюдения автора).

Как показали исследования, дети по умолчанию считают, что люди говорят на одном и том же языке, поэтому, если некоторая вещь называется неким словом, все должны будут говорить о ней именно так. Гил Дизендрук и Лори Марксон провели такой эксперимент. Детям показывали два незнакомых им предмета, про один говорили, что он называется «кив», про другой — что он «хороший». Потом появлялась кукла Перси (про которую детям было точно известно, что она не знакома с экспериментатором и не слышала разговора про «кив») и просила дать ей «зот». (В разных сеансах эксперимента детям предлагались разные, но в равной степени бессмысленные «слова».) Дети давали кукле тот предмет, названия которого им не сообщали, в полной уверенности, что если кукла говорит по-английски, то она наверняка знает, что кив нельзя назвать зотом. А вот знание фактов, в отличие от знания слов, обязательным не считается. В другом варианте эксперимента Дизендрука и Марксон про первый из предметов говорили какой-нибудь факт (например, «Мне это подарили на день рождения»). Когда появившаяся кукла просила дать ей предмет, характеризуя его другим фактом (типа «То, с чем любят играть собаки»), дети давали ей любой из двух предметов с равной вероятностью.

Не значит ли это, что, как пишет Стивен Пинкер, существует некий особый врожденный универсальный, независимый от конкретного языка, ментальный словарь — «мыслекод»? Идея существования такого словаря высказывалась и ранее отечественным исследователем Николаем Ивановичем Жинкиным, правда, Жинкин называл его не «мыслекодом», а «универсальным предметным кодом». Этот код должен быть одинаков у всех людей, и конкретные языки, по мнению Пинкера, представляют собой лишь переводы с него.



*Знаете ли вы, как называется часть, отмеченная стрелкой? Скорее всего — нет, даже если каждый день запираете окно или дверь на шпингалет*



## КНИГИ

Доказательством этому служит, согласно Пинкеру, прежде всего тот факт, что между словами и мыслями нет однозначного соответствия. Иногда слова одного и того же внешнего вида могут соответствовать нескольким разным мысленным образам — это знакомые нам со школьной скамьи омонимы, например *ключ* «инструмент для открывания замка» и *ключ* «родник». Иногда, наоборот, разными словами можно выразить одну и ту же мысль — это синонимы, например *бегемот* и *гиппопотам*; синонимичны друг другу могут быть не только слова, но и предложения (ср., например, *Пинкер написал книгу «Язык как инстинкт»* и *Книга «Язык как инстинкт» была написана Пинкером*). Но, на мой взгляд, дело здесь не в каком-то особом языке мозга, а в том, что у каждого человека в голове имеются образы известных ему объектов и действий... Не все предметы имеют словесные названия — например, для многих людей, регулярно пользующихся шпингалетом, не имеет названия та его часть, которую берут пальцами (хотя у тех, кто изготавливает шпингалеты, какое-то название для этой детали наверняка есть).

Иногда человек понимает, о чем он хочет сказать, но не может вспомнить слово, то есть у него активирован соответствующий комплекс нейронов за исключением тех, которые «ответственны» за фонетический облик этого слова. (Если некоторые из этих нейронов все же удастся активировать, возникает эффект, что слово «вертится на языке», — человек оказывается в состоянии назвать, с какого звука оно начинается, сколько в нем слогов или т. п.) Тогда он произносит что-нибудь вроде «эта штука» (или заменяет нужное слово каким-то другим, похожим, — такие явления часто бывают при афазии Вернике). Реплики типа «Я не то хотел сказать» тоже не являются свидетельством существования «мыслекода»: они представляют собой случаи, когда человек вызвал в памяти некий знакомый органам чувств образ, при помощи нейронных связей это соотносилось с некоторой звуковой цепочкой, эта звуковая цепочка вызвала возбуждение нейронов, хранящих образ другого понятия, — и человек заметил, что этот образ отличается от того, который он хотел назвать. Такие образы несколько различаются у разных людей, поскольку они приобретаются как следствие различного жизненного опыта, но нередко бывают и сходны, если жизненный опыт сходен.

Как показала психоллингвист, специалист по детской речи Ив Кларк, при усвоении языка дети исходят из так называемого Принципа Контраста: любые два слова различаются по значению.

Поэтому ранее неизвестное слово может соответствовать только ранее неизвестному (по крайней мере, по названию) объекту. Этот принцип возник задолго до появления человека. Как показали недавние эксперименты с колли по имени Рико, проведенные исследователями из Института Макса Планка, стремление исходить из Принципа Контраста свойственно и собакам. Когда среди множества знакомых объектов имелся один незнакомый и экспериментатор вставлял в текст известных животному команд незнакомое слово, Рико считал, что оно относится именно к этому незнакомому объекту.

Во «взрослых» языках Принцип Контраста не работает: поскольку дети потенциально способны освоить (как полностью, так и частично) несколько языковых систем, они в состоянии запомнить, что один и тот же элемент окружающей действительности может обозначаться несколькими разными словами (хотя нередко все равно пытаются найти или, если это не удается, придумать разницу между ними).


### Литература

**М. Томаселло.** Истоки человеческого общения. М.: Языки славянских культур, 2011.

**С. Пинкер.** Язык как инстинкт. М.: УРСС, 2004.

**Б. М. Величковский.** Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006.

### Издательство «Снежный Ком М» представляет новые книги


«Сибирский тандем» — так называют дуэт фантастов: опытного и заслуженного Геннадия Прашкевича и молодого Алексея Гребенникова, у которого ещё все награды впереди. А «Третий экипаж» — его первый шаг к славе 



Что если игра придёт в жизнь? Что если нарушение правил Игры приводит к смерти? Как жить и где спасение?



«Живи!»  
Владимир Данихов  
Артём Белоглазов

Крым. Западная область. Промороженные пустоши Марса. Ржавые земли двух планет опять питаются кровью праведных и грешных. Это не секретные архивы НКВД. Это — гораздо страшнее. 



Подробности на сайте издательства [www.skomm.ru](http://www.skomm.ru)





Художник Н. Ларкина

НАНОФАНТАСТИКА

# Бабушкины щи

Валерий Цуркан

Когда в офисе сломался холодильник, все очень огорчились. Еще бы! Теперь придется питаться одними химикатами вроде «биг-ланча». Гоша только представил, как он наматывает эти пластмассовые макароны на пластмассовую вилку, и ему сразу стало тошно. Так тошно, что он пообещал самостоятельно починить агрегат. Вызывать мастера шеф категорически отказался, ссылаясь на кризис и отсутствие денег.

— Ты сегодня сделаешь? — спросил его Артем. — Я не могу есть продукты из общепита, я могу есть только домашнюю пищу.

— Сиди дома, — ответил Гоша. — Как сделаю, мы тебя позовем.

— Нет, правда, Гош, сделаешь? — затараторила Наташка Быстрова, секретарша босса. Говорила она так же быстро, четко и хлестко, как и отбивала слова на клавиатуре.

— Да откуда я знаю? Я что вам, холодильникчик? Я компьютерщик, я программист, я железячник, в конце концов, а не холодильникчик! Ну, попробую, может, и получится.

Гоша засиделся допоздна, остальные давно уже ушли, а он все сидел перед раскуроченной панелью управления, что-то в ней паял, что-то менял, что-то добавлял. Раз уж Гоша Степанов взялся отремонтировать холодильник, то обязательно сделает, и не просто сделает, а сделает из него такой холодильник, что все обзавидуются.

Утром все принесли домашние обеды: уверены были, что Гоша не подведет. И он не подвел. Холодильник стоял на месте и тихо урчал, перегоняя фреон в своем чреве. Над панелью управления мерцал небольшой монитор, напоминающий жидкокристаллический экран нетбука. По нему изредка пробежали разноцветные сплюхи.

Артем подошел к холодильнику и уставился на экран.

— «Загрузка программного обеспечения», — прочитал он вслух. — Гош, а что это за штука ты в дверцу воткнул?

— Экран.

— А зачем?

— Теперь этим холодильником можно управлять из дома. Я его к Интернету подключил. Сейчас драйвера обновятся, я вам покажу.

— Здорово! — быстро проговорила Наташка. — Уже можно? Она потянула на себя дверцу, но та не поддавалась.

— Погоди, программное обеспечение установится, и будет можно. Потерпите немного.

На экране появилась надпись: «Для полноценной работы устройства рекомендуется его перезагрузить». Гоша отключил холодильник и снова запустил его.

— И что теперь? — спросила Наташка, будто на клавишах отстучала.

— Все, можете пользоваться.

Наташка открыла дверцу и поставила на стеклянную полку баночку с салатом оливье. Закрыла и увидела, что экран снова замерцал и по нему побежали графические символы, непонятные смертным. После чего появилась надпись: «Продукт готов к употреблению, срок хранения при температуре от 0° до 10° не более 5 суток».

— Это что за программу ты в него залил? — спросил Артем, засовывая в холодильник киевские котлеты.

— А черт его знает! Вообще-то я просто панель управления к Интернету подключил, чтобы можно было регулировать морозилку через сервер. Хм, видимо, он уже сам какую-то программу закачал.

На экране проплыла очередная надпись: «Состав фарша — лук, ржаная мука, соя».

— Во гады! — ругнулся Артем. — А написано — чистейшая говядина!

Остальные тоже разложили по полкам свои баночки и довольные разбрелись по рабочим местам. Гоша бережно поставил банку с бабушкиными щами рядом с Наташкиным салатом и тоже занялся работой.

Когда подошло время обеда, первой заволновалась Наташка.

— Гош, почему-то дверь не открывается! — сказала она.

— На кнопку нажми, там на панели кнопка «открыть».

— Нажала, не открывается. Тут какие-то надписи на экране. Цифры какие-то.

Гоша подошел к холодильнику и посмотрел на экран.

«В последнем контейнере обнаружено неизвестное химическое соединение».

— Какой, к черту, контейнер? — сказал Гоша. — Это банка, обычная литровая банка! Какие могут быть соединения в банке с бабушкиными щами?

Он потянул ручку на себя, но дверь не открылась.

«Неидентифицированное соединение может представлять опасность для жизни, — мелькнула надпись на экране. — Свяжитесь с Академией наук РФ».

— С какой академией? Я жрать хочу! — Гоша дергал ручку. Дверь не открывалась.

Артем хотел было бежать в подсобку за монтировкой, но Гоша не разрешил ломать холодильник — зря, что ли, весь вечер возился?

Ребята сходили в соседний магазин, набрали полуфабрикатов и записали их в СВЧ-печь. Вскипятили воду в электрочайнике и спустя десять минут уже пообедали, с сожалением вспоминая салаты, котлеты и особенно бабушкины щи.

Внезапно в холодильнике что-то пискнуло и зажужжало. Гоша вскочил и подбежал к нему. Из щели под дверцей с тихим стрекотом выползал листок бумаги.

— Черт, это факс! — ошарашенно сказал Гоша. — Откуда ему тут взяться? — Он наклонился, оборвал лист, поднял его и стал читать: — «Подтверждаем получение отправленных вами предварительных анализов вещества. Аналогов не обнаружено, убедительно просим прислать нам образец. Если у вас нет возможности перевезти вещество, то мы берем организацию перевозки на себя...» Обалдеть! Меня оставили без щей, да еще и издеваются. Тебе-то зачем образец? Ты же холодильник! Да к тому же бабушкины щи отсюда вынести я не позволю! Это не твои щи! И даже не мои! Бабушкины!

По экрану на дверце холодильника снова побежала надпись: «А это будет решаться на государственном уровне!»

— Да я тебя!.. — Гоша сбегал в подсобку, схватил монтировку и спустя некоторое время уже ел любимые бабушкины щи.

# На смерть поэта.

## Взгляд патолофизиолога

Кандидат биологических наук  
**В.В.Александрин**



Адриан Волков. Последний выстрел А.С.Пушкина

От чего скончался Пушкин после дуэли? От перитонита, утверждали современники. От перитонита, единогласно подтвердили через 100 лет основоположники советской медицины академики Н.Н.Бурденко, С.С.Юдин и Б.В.Петровский. Впрочем, были и другие единичные мнения: от тромбирования крупных сосудов, от анаэробной инфекции. Но мы не будем отвлекаться на частности, а попробуем оспорить тезис о перитоните. Ведь смерть поэта наступила через 46 часов после ранения. А по медицинским канонам — это первая фаза болезни, когда воспалительный процесс находится в начале своего развития, носит еще местный характер и только начинает распространяться на остальную часть брюшины. Летальной является третья фаза развития болезни, от пяти суток («Большая медицинская энциклопедия» под редакцией академика А.Н.Бакулева, изд. 2-е, т. 23, 1961).

Перенесемся снова в морозный январь 1837 года.

*Погиб поэт, невольник чести,  
Пал, оклеветанный молвой,  
С свинцом в груди...*

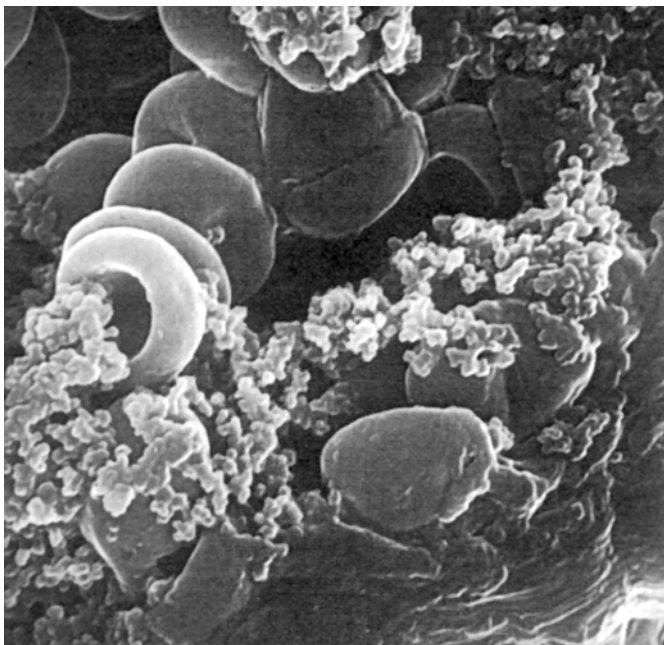
Не в груди. По о условиям дуэли оба противника имели право сделать по пять шагов навстречу друг другу, пока не остановились у барьеров (брошенных на снег шинелей секунданта). Расстояние между барьерами составляло десять шагов. Пушкин быстро подошел к черневшей на снегу шинели своего секунданта Данзаса и, стоя вполоборота, стал прицеливаться в шедшего навстречу Дантеса. Противник поэта шел медленнее и навел свой пистолет на ходу. Не доходя одного шага до своего барьера, он выстрелил. Пуля пролетела сверху вниз, пробив сюртук поэта, и вошла в живот в двух дюймах от правой подвздошной кости (эту кость легко нащупать и у себя, достаточно положить руку на поясницу). Вследствие минимального количества порохового заряда, отмеренного секундантами, 17, 5 г свинца не пробили кость, а скользнули по окружности таза и застряли в крестцовой кости, раздробив ее. (Напомню, что крестец представляет собой сросшиеся массивные позвонки.) Пуля не задела самого кишечника, однако на ее пути были многочисленные вены и артерии, которые она повредила. Поэт без чувств упал на шинель, не выронив пистолета. (Кратковременный обморок был, вероятно, обусловлен тем, что пуля контузила позвоночник.) Морозный воздух (было –15°C) и чистый снег сделали свое дело: через несколько секунд Пушкин полностью пришел в себя.

Из раненых вен текла кровь, но наш организм устроен таким образом, что в ответ на быструю кровопотерю сосуды внутренних органов и мышц сжимаются, чтобы обеспечить кровью мозг и сердце. Этот рефлекс, способный скомпенсировать 20%-ную кровопотерю, носит несколько военно-бюрократическое название — централизация кровообращения. Кроме того, в ответ на ранение и острую боль из нервных окончаний выделяется большая порция норадреналина, которая приводит к спазму артериол и временному уменьшению кровопотери. Время подобной реакции очень небольшое, поскольку норадреналин быстро разрушается ферментом моноаминоксидазой.

Отпущенные физиологией последние минуты знаток дуэльного этикета Пушкин использовал очень рационально: потребовал, чтобы Данзас заменил ему пистолет, а Дантес вернулся на прежнюю позицию.

После этого он нашел в себе силы приподняться и, опершись на левую руку, тщательно прицелился. Стрелял он туда же, куда и его противник. Но Дантес предусмотрительно опустил руку с пистолетом, прикрыв живот. Пуля Пушкина пробила навывлет предплечье и, как пишут современники, срикошетила от пуговицы. Может, и так, поскольку количество пороха было минимальным во всех пистолетах, а мышцы предплечья, которые пробил снаряд, довольно плотные. Дантес упал. У Пушкина еще хватило сил спросить, куда он попал, и отбросить пистолет с криком: «Браво!»

Увы, кратковременная фаза сужения артериол закончилась, и началось их расширение — фаза артериальной гиперемии. Далее поэт потерял сознание уже от кровопотери: подкладка шинели Данзаса набухла от крови. Кровотечение было сильным. По свидетельству секунданта, зрачки поэта стали расширяться, а кожа бледнеть. В ответ на ранение сосуда к этому месту собираются тромбоциты, которые склеиваются между собой и образуют временный тромб. Но подобная мера может прекратить кровотечение только в достаточно мелких сосудах. По-видимому, крупнокалиберная пуля задела вену большого диаметра. В этом случае временная тромбоцитарная пробка малоэффективна, и запускается механизм «плетения» фибриновой «сети», которая с помощью запутавшихся в ней тромбоцитов и эритроцитов закрывает раненый участок. Однако на это уходит несколько часов.



B. Urbaschek



РАССЛЕДОВАНИЕ

*Образование красного, то есть содержащего эритроциты, тромба (электронная микроскопия, увеличение в 5700 раз)*

К счастью, у секунданта не хватило сил и сноровки нести пострадавшего до саней, они расчистили проход и подогнали розвальни к раненому. Укутанный в шубу Пушкин пришел в себя уже от боли, трясясь по мерзлым ухабам. Отсутствие щадящих условий при транспортировке раненого поэта часто ставят в вину секундантам. Но обратимся к физиологическим фактам. Как периодические болевые стимулы, так и местное воздействие холода увеличивают свертываемость крови за счет массивного увеличения содержания в крови тромбоцитов (в 2,5 раза) и их активации. Это снизило интенсивность кровотечения, которое возобновилось, когда Пушкина привезли домой и уложили в постель.

Было 19 часов 27 января 1837 года. Состояние раненого оставалось тяжелым: лицо покрыто холодным потом, кожные покровы бледные, пульс частый, слабого наполнения, конечности холодные. Он был возбужден, жаловался на жажду и просил пить, его мучила тошнота. Боль в ране была умеренная. Только что наложенная повязка довольно быстро намокала, ее несколько раз меняли. Сознание преимущественно было ясное, но возникали кратковременные периоды забывтья, беспамьятства. Все эти симптомы свидетельствуют об анемии (малокровии) вследствие сильной кровопотери. В первый вечер после ранения и в ночь на 28 января все лечение заключалось в холодном питье и в прикладывании примочек со льдом к животу. Этими простейшими средствами доктора пытались уменьшить кровотечение, которое прекратилось только в начале ночи. По оценке академика Б.В.Петровского, Пушкин потерял порядка двух литров крови, что составляет около 40% всего циркулирующего объема — прямая угроза для жизни. Это состояние можно сравнить с уравновешенными весами, на одной половине которых жизнь, а на другой — смерть. Куда склонятся весы, зависело от дальнейших медицинских назначений.

Но пока на смену раненым сосудам пришла другая напасть. В течение всей ночи постепенно нарастали брюшные боли, началось вздутие живота. К утру боль усилилась настолько, что ее стало невозможно терпеть. Это были первые признаки начинающегося перитонита — воспаления брюшной полости. У современного читателя этот медицинский термин сразу вызывает ассоциации: операция, промывание, обеззараживание... Но в середине XIX века хирургическое вмешательство при ранениях в живот гарантированно приводило к смерти

пострадавшего из-за отсутствия антисептиков. Поэтому таких пациентов лечили консервативно — промыванием кишечника, слабительными и болеутоляющими средствами. И в небольшом количестве случаев (порядка 6%) организм все же справлялся с перитонитом сам и больные выздоравливали. Поэтому прибывший лейб-медик Арендт назначил клизму для промывания кишечника. Для этого раненого повернули на бок, но смещение костных обломков вызвало такую дикую боль, что глаза готовы были выскочить из орбит, а тело покрылось холодным потом. Пушкин с трудом сдерживался, чтобы не закричать, и только испускал стоны, а после окончания процедуры чувствовал себя настолько плохо, что решил попрощаться со всеми. Говорил он редко, едва слышно. «Смерть идет», — тихо сказал он доктору Спасскому.

Поняв свою промашку, Арендт назначил в качестве обезболивающего капли с опиумом. Пушкину стало лучше, он отвлекся от грустных дум, слегка повеселел, разговаривая с врачом и писателем Владимиром Ивановичем Далем. Правда, из-за одышки и слабости говорить ему было трудно, он произносил слова отрывисто, с расстановкой.

Наступило 28 января. «С утра пульс был крайне мал, слаб, част, — но с полудня стал он подниматься, а к 6-му часу ударял 120 в минуту и стал полнее и тверже; в то же время начал показываться небольшой общий жар» (В. Даль). И здесь все три доктора, лечившие поэта, допустили роковую ошибку — назначили пациенту пивяки.

А теперь на этом остановимся и обратимся к патофизиологии перитонита.

Первая реакция брюшины на проникновение инородного тела (как самой пули, так и осколков костей) — образование на белоснежных лепестках брыжейки коричневого налета, представляющего собой тонкую фибриновую пленку. Благодаря фибрину в местах его образования наблюдается слипание, а затем сращение частей брыжейки, и тем самым ограничивается участок воспаления. Чтобы сокращения кишечника не мешали локализации воспаления, наступает так называемая атония кишечника, когда парализуется его сократительная деятельность. Это приводит к скоплению газов в просвете кишок, их раздуванию и боли. Сами же газы образуются в процессе разложения переваренной в желудке пищи. Опытные солдаты всегда идут в бой голодными, поскольку при ранении в живот снижается симптоматика перитонита. Как человек невоенный, Пушкин допустил перед дуэлью роковую ошибку: пообедал. И получил сильнейшее вздутие живота, сопровождающееся болью. Желудок и кишечные петли переполняют брюшную полость, сдавливают крупные сосуды, нарушая кровообращение, возникает сердечная недостаточность, дыхание делается поверхностным. В результате наступает нехватка кислорода — гипоксия.

С помощью опия и лавровишневой воды доктора купировали болевые симптомы у раненого Пушкина, однако само по себе вздутие живота сохранилось, что, во-первых, мешало поэту дышать, а во-вторых, отсекало от кровообращения

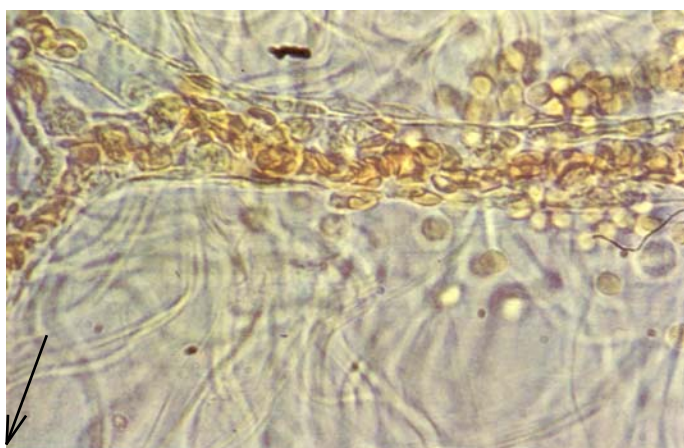
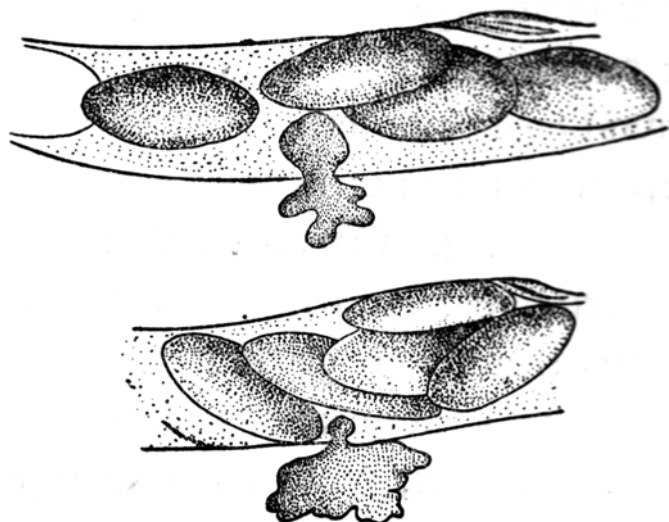


Рисунок из лекции И.И. Мечникова о сравнительной патологии воспаления (1892): лейкоцит, проходящий сквозь стенку капилляра. Внизу — тот же процесс под световым микроскопом (лейкоциты, покинувшие венулу, показаны стрелкой)

часть крови и уменьшало ее и без того ополовиненное количество. Поэтому назначение пиявок в этом состоянии было столь же убийственным, как и пуля Дантеса.

Причиной назначения пиявок была лихорадка. Но так ли это опасно? Сама по себе воспалительная реакция направлена на самоизлечение организма. Главные действующие лица — белые клетки крови, лейкоциты, которые активируются и начинают, образно говоря, раздвигать стенки венулярных сосудов и проникать в полость брюшины для борьбы с болезнетворными микробами. Одновременно они выделяют пирогены — вещества, которые изменяют чувствительность терморецепторов гипоталамуса и поэтому способствуют повышению температуры тела (лихорадке, на языке тогдашней медицины). А повышение температуры, в свою очередь, препятствует размножению микроорганизмов и усиливает

иммунный ответ. Ослабленный кровопотерей организм поэта только на вторые сутки ответил повышением температуры тела. Но эскулапы XIX века, по канонам своего времени, узрели в этом грозный признак и дальнейшее лечение продолжили с помощью дополнительной кровопотери.

Пушкин, помогая докторам, «сам приставлял себе своеобразно пиявицы» (П.Вяземский). Четверть сотни кровососов сделали свое дело, уменьшив количество циркулирующей крови еще на пол-литра. Как вспоминал Владимир Даль, «лихорадка стихла, пульс сделался ровнее, гораздо мягче, кожа обнаружила небольшую испарину... я ухватился, как утопленник, за соломинку и, обманув и себя и друзей, робким голосом возгласил надежду... Но уже с полуночи и в особенности к утру общее изнеможение взяло верх; пульс упал с часу на час, и к полудню 29-го исчез вовсе». Организм поэта сдался. Почему?

Вслед за образованием фибрина и выхода в место воспаления лейкоцитов должно было последовать поглощение последними всех инородных частиц в брюшине с образованием гноя. Однако при посмертном вскрытии, кроме фибринового налета и сгустков крови, ничего больше обнаружено не было, в силу чего проводивший вскрытие доктор Даль заключил, что перитонит был «сухой», без гнойного экссудата. Это означало, что за первой фазой воспалительного процесса вторая не последовала. Правда, как справедливо заметил столетие спустя бывший фронтальной хирург академик Б.В.Петровский, раненные в живот солдаты гибли и от «сухого» перитонита. Но смерть от него наступает в результате интоксикации (сепсиса), то есть самоотравления организма. При интоксикации в первую очередь страдают нервные клетки, и больной умирает в бреду, не осознавая тяжести своего состояния. Как подчеркивал в своей монографии «Перитонит» доцент Военно-медицинской академии В.А.Попов: «Довольно ярким проявлением интоксикации являются эйфория, неадекватность в оценке больным своих ощущений и состояния». Поэт умер в полном сознании и даже последняя его фраза — «Жизнь кончена» — стала крылатой.

Отсюда можно заключить, что Пушкин скончался не от сепсиса, а следовательно, и не от перитонита. Он умер от гипоксии. Первой причиной гипоксии было критическое уменьшение количества циркулирующих эритроцитов, которые вместе с кровью высосали пиявки. Второй причиной стал назначенный больному опий, который обладает способностью снижать чувствительность нейронов дыхательного центра к углекислоте — главному регулятору вдоха и выдоха.

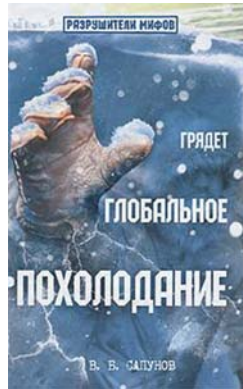
Как уже говорилось, у организма больного был небольшой шанс самому справиться с перитонитом. (Если бы его не лечили.) Но нельзя забывать, что вслед за перитонитом могло последовать воспаление раздробленных костей — остеомиелит, вероятность самоизлечения от которого также очень низка. Как известно, вероятность совпадения двух событий равна произведению вероятности каждого из них. Так что, к сожалению, прав был опытнейший фронтальной хирург Арендт, когда вместе с диагнозом выдал и экиприз: «Штука скверная, он умрет».





**В.Б.Сапунов**

Грядет глобальное похолодание  
М., АСТ, Астрель-СПб, ВКТ, 2011



**Б**лагодаря усилиям небольшого числа ученых, политиков и средств массовой информации, «глобальное потепление» стало одним из краеугольных камней, определяющих общественное сознание людей XXI века. На чем же лежит представление о глобальном потеплении — на твердом грунте или зыбком песке? Серьезны ли опасения насчет глобального потепления, или это очередная псевдонаучная страшилка? А может быть, человечество оказалось перед гораздо более страшной угрозой — глобального похолодания? Автор книги — член Европейского союза наук о Земле (European Geosciences Union), и именно данные этого союза легли в основу книги.

**Пол Майло**

Что день грядущий нам готовил?  
Летающие автомобили, роботы-повара, отпуск на Луне и другие несбывшиеся чудеса наших дней, предсказанные в прошлом веке  
М., ЛомоносовЪ, 2011



**К**нига Пола Майло содержит самые смелые пророчества ученых, писателей и публицистов XX века, а также подробно рассказывает, какие именно технологии и философские идеи заставили экспертов вообразить, что эти невероятные изменения возможны.

**Под редакцией  
Джона Брокмана**

Во что мы верим,  
но не можем доказать.  
Интеллектуалы XXI века  
о современной науке  
М.: Техносфера, 2009



**Б**олее ста ведущих интеллектуалов мира делятся своими гипотезами, которые, возможно, станут для нас очевидной истиной. В коротких эссе, посвященных самым разным темам — сознание, эволюция, взрывчатые формы жизни, будущее человечества, судьба Вселенной, — авторы предлагают неожиданные, порой эксцентричные, и всегда заставляющие задуматься идеи. Многие из этих имен знакомы и российскому читателю: Дэниел Деннет, Стивен Пинкер, Ричард Докинз, Джаред Даймонд, Фримен Дайсон, Джон Хорган...



КНИГИ

**Донелла Медоуз**

Азбука системного мышления  
М.: Физматлит, 2010

**Азбука  
системного  
мышления**

Донелла Медоуз



**В**книге описаны возможности и преимущества системного подхода ко всему на свете; показано, как важно владеть системным мышлением в современном мире; перечислены системные архетипы (в том числе «системные ловушки») и их характерные признаки.

Отдельные главы посвящены вопросам прогнозируемого и непрогнозируемого поведения систем, системному подходу к анализу их структуры, а также поиску ключевых точек воздействия для достижения желаемого поведения систем.

**Маша Гессен**

Совершенная строгость.  
Григорий Перельман. Гений и  
задача тысячелетия  
М., Corpus, Астрель, 2011



**В**2002 году российский математик Григорий Перельман опубликовал в Интернете доказательство гипотезы Пуанкаре — одной из семи «задач тысячелетия», за решение каждой из которых американский Институт Клея установил премию в миллион долларов. Однако триумфа не получилось: Перельман не стал играть по правилам математического сообщества, отказался от работы в лучших университетах и в конце концов не принял «Премии тысячелетия». Ученый заявил, что больше не занимается математикой, и прекратил общаться с внешним миром.

Известный журналист и писатель, заместитель главного редактора проекта «Сноб» Маша Гессен исследует феномен Перельмана, основываясь на свидетельствах его учителей, коллег, одноклассников. Книга Гессен не только четко и доступно объясняет, в чем суть прорыва, совершенного российским математиком, но помогает понять логику гения и проникнуться к нему глубоким уважением.

**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)**

# Индивид и ансамбль: молекулы, монетки, люди, звезды...

Л.Хатуль

## Начнем с определений

Что такое индивид и ансамбль? В технике дать точное определение зачастую невозможно, да и в физике это возможно не всегда. Человека с математическим мышлением, обратившимся к этим областям, данный факт поначалу угнетает. Потом — если это «потом» имеет место — просто входит в привычку. Пусть индивид — это любой объект, на котором останавливается глаз, объект, который нашим мозгом идентифицирован и как-то назван, а не только человек или особь. Хотя бы «вот эта штуковина».

А что такое ансамбль? Рискнем сказать, что ансамбль — это некоторое количество достаточно похожих объектов, то есть объектов с достаточно близкими значениями параметров. Каково это количество, насколько близки должны быть значения и что делать с параметрами, значения которых неизвестны, — устанавливается *post factum*: раз от земли оторвался, значит, самолет. То есть если методы анализа, разработанные и примененные в предположении, что объектов достаточно, что значения известных параметров близки, а неизвестные можно игнорировать, работают — все в порядке.

Эволюция в теоретическом инжиниринге (для простоты будем далее говорить — в технике) идет так. И определения, и методы разрабатываются в каких-то предположениях. Если



определения и методы не работают с самого начала, то происходит замена исходных предположений. Если они работают, то сфера применения начинает расширяться. И ширится она, и ширится, пока определение или метод не наткнутся на уже занятую территорию или пока ухудшение работы не вызовет необходимости усовершенствовать определение и метод.

Легко дать определение болту, винту и шурупу, но что делать с множеством промежуточных и комбинированных вариантов? А ведь их — десятки.

Поэтому нечеткость определений и методов в физике и технике ровно такая, каковую допускает процесс познания первой природы в физике и процесс создания второй природы в технике. Как только — так сразу: начнется поиск новых определений и уточнение имеющихся. Конечно, нужно внутренне быть готовым к тому, что определение стола

и стула придется усовершенствовать. В отличие от определений производной и интеграла Лебега: они вечны.

## Можно ли определить параметры?

Они могут быть определены точно, только если дискретны: ровно одна голова, ровно две ноги, ровно три цветоприменника в глазу человека. С точки зрения математики — ничего странного: переход от континуума к счетному множеству весьма информативен. Если же параметры не дискретны, а непрерывны, то всегда будут разброс и погрешности.

Разброс — это фактические различия в значениях параметра, которые вроде бы должны быть одинаковыми. Размеры одежды и обуви, вес батонов и время горения свечей, толщина монеток и момент прибытия самолетов одного рейса в разные дни. Причем, скорее всего, вы



сами назовете по десятку причин, которые могли повлечь отклонения. Хотелось бы чего-нибудь экзотического. Например, оценим релятивистскую поправку к массе молекул из-за разброса энергий порядка кТ. Если пересчитать эту энергию в дефект массы при 300 К и массе 30 а. е. м., то относительное изменение составит 10 в минус 12-й степени. Да, немного, но важен принцип. Влияние равновесного излучения на нарушение первого закона Ньютона (А.В.Шепелев, «Успехи физических наук», 2005, № 1 и Н.В.Никонец, «Химия и жизнь», 2006, № 6) еще слабее, однако сам факт потрясает школьного учителя физики. Кстати, ситуация не уникальная — попробуйте-ка сказать школьному учителю химии, что не все химические реакции ускоряются при росте температуры.

Погрешность же — это нечто иное, это неправильное измерение. Причин для него множество — грубо их можно

разделить на две группы: неточности модели и посторонние влияния. Неточности модели — это неточности нашего понимания: мы неправильно представляем себе само явление или работу нашего прибора, недооцениваем роль наблюдателя (в квантовой механике, социологии и психологии) и так далее. Посторонние влияния — это нечто близкое к разбросу: сотрясение пола от проехавшего под окнами карьерного самосвала или уроненного в другом конце коридора на пол карандаша. Но влияют они не на объект, а на прибор.

### Функция распределения

Измеряя какой-то параметр, мы видим, что у разных объектов он имеет разные значения. Метод описания большого количества значений одного и того же параметра, измеренного для разных объектов или для одного, но в разных

условиях (например, в разные моменты времени), называется функцией распределения. Грубо говоря, это список — какая доля объектов ансамбля имеет значение данного параметра от одного значения до другого. Например: какая доля населения Земли имеет рост от 170 до 171 см, от 171 до 172 см и так далее. Какая доля монеток имеет тот или иной вес, если речь идет о молекулах — ту или иную скорость. Если факторов, влияющих на конкретное значение параметра конкретного объекта, много и влияют они примерно с равной силой и независимо, то функция распределения имеет универсальную форму. Это знаменитая гауссиана, нормальное распределение, формула для коей имеется в любом учебнике. Только не считайте, что любое этакое с горбом посередине — гауссиана, не употребляйте это название всуе. Существуют и другие функции распределения, причем они, эти другие распределения, могут иметь два источника. Во-первых, само явление, сама природа может формировать распределение, отличное от гауссова. Простейший пример — действие фильтра: распределение по интеллекту учеников обычной, вполне средней школы будет отличаться от гауссова, обычного (даже если исходное является таковым) — некоторых наиболее слабых, как и большинство наиболее сильных отдадут в другие школы.

Второй источник рассмотрения иных распределений, нежели нормальное, — удобство обработки данных и вообще теоретизирования. Данные данными, но диссертацию писать надо, а то загребут сами знаете куда. И дабы не загребли, начинаем построение моделей с единственной целью — чего-нибудь посчитать. Граница между этими двумя источниками не вполне резкая, как и всегда в технике: на практике для представления данных используются распределения, или реально встречающиеся, или, по крайней мере, не слишком глупо выглядящие. Тем более что при сильной фильтрации, например, любое распределение превращается в константу на соответствующем интервале (и ноль вне него), так чего бы такое распределение и не рассмотреть?

Вернемся, однако, к нормальным распределениям. То, что они «нормальны», что в них замешано много равномошных непонятных причин, психологически освобождает исследователя от императива разбираться, что же это за причины. Хотя иногда это делается, если припрет, но в книжках по метрологии и статистике больше внимания уделяют проблеме, как по ограниченному количеству наблюдений сделать вывод, нормально ли распределение всех, в том числе не-сделанных (!) наблюдений. Естественно, в предположении, что за всеми этими измерениями, как сделанными, так и «возможными», но не сделанными, стоит некоторая реальность, обладающая не слишком сложными и не изменяющимися со временем свойствами. Реализуется некоторая формальная процедура, которую оправдывает лишь практика — пресловутый критерий истины: раз практики пользуются и не прогорают, значит, пользоваться можно. Точнее — значит, природа устроена так, что предложенная процедура не приводит к слишком большим потерям. Ну и хорошо.

## Прелесть ненормальности

Зато если исследователь видит отклонения от нормальности, он реагирует иначе. Для него это сигнал: тут что-то есть, что-то такое, что влияет, что существенно, что можно откопать. В самом грубом случае мы просто наблюдаем два нормальных распределения и не медленнее с восторгом все понимаем. Представьте себе, например, что вы через день после введения в оборот новой эмиссии монетного двора исследуете функцию распределения монеток по весу. В качестве легкого домашнего упражнения — назовите две причины, по которым будут различаться средние значения двух распределений.

Рассмотрим один мой собственный пример, который мне особенно дорог как преподавателю. Объекты — слушатели в аудитории, параметр — доля времени, кою слушатель реально слушает, а не занимается иными делами — эсэмэсит, делает домашнее задание по другому предмету, мечтает о принце в голубом «лаборджини», рисует неприличное на столе, мочит монстров. Параметр этот, как легко видеть, изменяется от 0 — студент присутствует только телом, до 1 — студентка на моей лекции и телом, и душой, и просветленным духом, и восхищенным взором. Так вот, какова функция распределения слушателей по этому параметру, если не предпринимать особых мер по влиянию на нее? Проще говоря, не просить этих, своими делами занимающихся, закрыть дверь с другой стороны (что я, как правило, и делаю). Обычно говорят — ну, что-то

среднее, около 0 и 1 — мало, в основном посередине, у плохого лектора ближе к 0, у вас, конечно же, ближе к 1. Нет, прелесть ситуации в том, что функция бимодальна — большая часть аудитории живет около 0,9, меньшая (от 10 до 40%) — около 0,1. Подумайте на досуге, какой универсальной гипотезой (не связанной с конкретным лектором и предметом) можно это объяснить. Редакции ответ на этот вопрос известен.

## Почему важно распределение

Роль функции распределения состоит в следующем. Конкретные процессы с конкретными объектами (монетками, людьми, молекулами) зависят от конкретных значений параметра. Эти элементарные процессы мы иногда видим, но чаще — нет. Видим мы процесс, идущий с ансамблем, а он складывается из процессов с объектами — иногда просто складывается, а иногда по сложным законам. Процессы в природе и второй природе в основном принадлежат к одному из двух классов: зависящие от среднего значения или зависящие от доли объектов со значениями в некотором диапазоне. Пример первого случая — теплообмен: поток тепла зависит от температуры, от некоторого среднего значения энергии молекул. Процессы, зависящие от доли объектов со значениями в некотором диапазоне, могут быть двух типов — когда диапазон от чего-то до конца шкалы или от чего-то одного до чего-то другого. Пример первого случая — испарение, эмиссия электронов, многие химические реакции. Пример второго — всякого рода резонансные процессы или вот — освещенность в помещении: она зависит от доли квантов с длинами волн примерно от 0,35 до 0,7 мкм (и от распределения по спектру).

Примечание: под средним имеется в виду среднее по ансамблю, хотя в реальной ситуации мы наблюдаем иногда среднюю по ансамблю, иногда среднюю по времени (в этих случаях принято произносить волшебное слово «эргодичность»), а иногда некоторую смесь.

В некоторых случаях можно определить всю функцию распределения, например распределение молекул по энергиям (опыт Штерна, см. школьный учебник физики). В некоторых случаях определить ее всю невозможно, и может быть поставлена задача: по наблюдаемой части восстановить все распределение. Понятно, что доказательно это сделать нельзя, любое восстановление будет гипотезой. Тем более надежной, чем на меньший интервал мы экстраполируем, чем надежнее исходные данные и чем — самое главное — надежнее теория. Ну, это как всегда.

Ситуация наблюдения только части функции распределения всегда имеет место в астрофизике — менее яркое не видно, астрофизики называют это «наблюдательной селекцией». Наблюдение части распределения имеет место в мире средств массовой информации — это следствие гласной и негласной цензуры и активной дезинформации. В Интернете работает еще и такой эффект — спокойные и вообще нормальные люди слышны хуже, а самодеятельные крикуны лучше. Что же до применения теории всего распределения для его восстановления по части, то в астрофизике какая-то теория есть, в двух последних случаях ее пока что нет.

Более того, интуитивные представления о распределении в человеческом ансамбле могут быть и ошибочными. Например, абсолютно неверное предположение о некотором естественном виде распределения школьников по успехам в науках позволяло много лет чиновникам от образования утверждать, что раз советская и российская команды берут призы на международных олимпиадах, то наше образование лучшее в мире. Да и простые граждане так считали. Не понимая, что найти тридцать умных детишек да девять хороших педагогов и подготовить три сильные команды можно и при плохом состоянии образования в целом. И что вообще на возможность нахождения гениев влияет размер страны. Так что иногда размер действительности имеет значение.

## Откуда берется и как взаимодействует

Генерация объектов ансамбля может происходить по-разному. Невооруженному взгляду видны три варианта: равномерная генерация, слегка неравномерная и импульсная, причем резкой границы тут, как и всегда, нет. Слегка неравномерная — это, например, рождаемость, которая уменьшается в годы войны, и потом, спустя соответствующее количество лет, — демографы называют это явление «эхом войны». Импульсная генерация — это эмиссия монеток, точнее, введение их в оборот, а для звезд — это вспышки звездообразования. В социологии есть понятия когорты и поколения, однако это не люди, родившиеся одновременно, а росшие примерно в одинаковых условиях, пережившие примерно одинаковые события — поколение войны, поколение оттепели, поколение перестройки и т. п. Хотя и в социологии с демографией тоже может происходить импульсная генерация объектов, то есть людей, — например, при массовой эмиграции в результате войны или временного ослабления тоталитаризма.



Два важных вопроса при рассмотрении ансамблей — взаимодействуют ли индивиды и как это взаимодействие выражается в параметрах ансамбля. Книги на полке не взаимодействуют, разве что в фантастике они могут разговаривать, а читать — или только друг друга, или и сами себя тоже. Можно, впрочем рассмотреть явно сложный вопрос о взаимодействии книг через людей (и читателей, и писателей) — ранее написанные книги влияют на написание последующих. Монетки в обороте трутся в значительной мере именно друг о друга, но мы не знаем, как при этом происходит износ. Однажды была названа величина 1—1,5 мкм в год (<http://www.icpress.ru/information/articles/?ID=8893>), но это износ, а есть ли перенос — неясно.

Молекулы в газе взаимодействуют, и притом известно как. Правда, в модели идеального газа считается, что молекулы не взаимодействуют, и это оправдывает все те законы идеальных газов, которые мы учили в школе и счастливо забыли. А между тем в этой общепринятой идеализации имеет место прореха, и отнюдь не наноразмеров: у идеального газа нет температуры, по крайней мере, нет функции распределения молекул по энергиям, соответствующей какой-либо температуре. Ибо в настоящему идеальном газе любая молекула сохраняет свою энергию хоть миллион лет. Разумеется, это не так, и нам повезло в том смысле, что условия вокруг нас (температура и концентрация) и свойства молекул таковы, что, с одной стороны, газы достаточно хорошо подчиняются уравнениям для идеальных газов, что облегчило задачу Бойлю, Мариотту, Гей-Люссаку и так далее, а с другой стороны, достаточно неидеальны для существования температуры.

Взаимодействие людей — сложная, то есть нерешенная, проблема. Достаточно сказать, что на этапе поиска полового партнера, когда глухари токуют, а фланирующие в обнимку по коридорам моего вуза детеныши человека особо оригинально одеваются и демонстрируют готовность, внутри людшек борются две тенденции. Одна — «не высовываться»: в стае безопаснее, другая — «высовываться»: не выделишься — не размножишься. Трудно жить молодняку нашего рода Ното, насчет sapiens уж помолчим.

Забавная особенность взаимодействия в человеческих ансамблях — неустойчивость. А именно: желание обезопасить себя, хоть во что-то скучковаться влечет образование социальных групп всех видов — от могучих партий размером в бывшую шестую, до, как сказал бы Володя Ульянов, «мелких и мельчайших» банд и кодл. Единство психологической

базы имеет своим следствием волнующую похожесть партий и банд/кодл; хотя, разумеется, не одинаковость, ибо экономика у них разная. Формально социальная неустойчивость похожа на гравитационную неустойчивость, которой мы обязаны — через протопланетный диск, звездообразование и планетогенез — своему существованию.

Причем взаимодействие индивида с индивидами может быть двух типов: взаимодействие именно одного с одним и, в некотором смысле, взаимодействие со всеми, взаимодействие с «общим полем». Граница здесь не вполне понятна, потому что очень малое взаимодействие, будучи помножено на достаточно большое время, способно создать заметный эффект. Вот поразительный для не-физика пример: звезды взаимодействуют слабо, но поведение галактик хорошо описывается поведением жидкости, в которой молекулы взаимодействуют, как известно любому школьнику, сильно. Именно изучая движение жидкости, удалось предсказать многие особенности движения в галактиках (А.М.Фридман. Предсказание и открытие новых структур в спиральных галактиках. «Успехи физических наук», 2007, № 2).

Взаимодействие индивидов в обществе отличается от взаимодействия молекул и монеток еще и наличием барьеров: в некоторых обществах между мужчинами и женщинами, в некоторых — между группами по роду занятий (кастами), во всех — между стратами с разным статусом.

## А теперь — эволюция!

Все вышеизложенное относится к ситуации, когда параметры элементов ансамбля со временем не изменяются. Если эволюция слишком быстрая, то мы при наблюдениях будем получать существенно различающиеся значения параметров, если не слишком быстрая — различающиеся меньше, а если слишком медленная, то вообще ее не заметим. Но это только в том случае, если мы получаем информацию об одних и тех же эволюционных состояниях разных объектов. Если же мы получаем информацию о разных состояниях, то заметим эволюцию, даже если получили информацию, относящуюся к одному моменту. Действительно, посмотрев на людей, марсианин мог бы догадаться, что они эволюционируют. Потому что он увидел бы особой разного облика и, зная некоторые биологические закономерности, сообразил бы, что это особи разного возраста. Впрочем, такого рода восстановление эволюции по мгновенной картине ансамбля — не всегда простая задача.



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

Иногда люди задают себе вопрос: что определяет эволюцию индивида — собственная эволюция или взаимодействие в ансамбле? Для молекул и монеток ответ известен, что же касается людей, то само существование вопроса говорит о том, что влияния сравнимы. А для поиска ответа — если целью является ответ, а не «пообщаться в блоге» — хорошо бы сначала конструктивно поставить вопрос.

Особая ситуация имеет место в астрофизике: мы наблюдаем объекты, находящиеся на разных расстояниях и, следовательно, с разными временными задержками. Причем эти задержки сравнимы с временами эволюции. Поэтому единая картина, которую мы видим, фигурально выражаясь, над головой, складывается из индивидуальных эволюций объектов, не только возникших в разные моменты времени, но и сообщаящих нам о своем состоянии некоторое время назад. Эта ситуация и возможности анализа в такой ситуации рассмотрены (М.Е.Прохоров, С.Б.Попов. Популяционный синтез в астрофизике. «Успехи физических наук», 2007, № 11). Похожая ситуация имела место в Древнем мире, когда послы из далекой страны возвращались с ответным посланием от того, кто уже свергнут, к тому, кто сверг с престола пославшего. Интернет эту проблему отчасти решил, хотя в мире игр на бирже время получения информации имеет значение и миллисекунды могут стоить сотни тысяч, причем не рублей. Заметим также, что — сейчас нам в это трудно поверить — в 60-е, когда мир стоял на пороге Третьей (и последней) мировой, время получения информации могло стоить еще больше: «горячую линию» для связи президента США с генсеком СССР придумали не сдуру.

Вот какие странные и неожиданные связи мы видим, когда начинаем приглядываться к миру, в котором индивиды составляют по неведомо каким законам ансамбли, и, наблюдая ансамбли молекул, монеток, звезд и людей, мы, индивиды, задаем себе вечный вопрос: по каким?



# Рассказы юнната

Н.А.Паравян

Эти три рассказа автобиографичны: все описанное происходило в конце 50-х — начале 60-х годов со мной и моими подопечными животными, когда я был школьником, членом юннатского кружка. Жаль, что сейчас таких кружков стало мало: ученики, интересующиеся биологией, приобретали в них опыт и знания, которые нельзя получить из книжек и Интернета.

## Павлин, Ося и Вася

Шефы из Всесоюзного НИИ болезней птиц передали юннатскому кружку цыпленка бентамской породы. Бентамских кур обычно содержат из-за их пестрого, красочного оперения как декоративных птиц. Бентамки намного меньше обычных кур и похожи на их миниатюрные копии. Петушки так же кукарекают, а курочки квохчут возле цыплят. В институтах их обычно используют для медицинских и ветеринарных исследований.

Цыпленок был уже довольно большим, и по его гребешку было видно, что это петушок. И хотя его оперение оставалось еще детским, светлым, но пробившиеся пышные перья хвоста, бойкий и задорный нрав ясно свидетельствовали: будет петух красавцем! Решили назвать его Павлином.

Назвать-то назвали, а куда поместить на жительство? К домашним курам, где безраздельно господствовал молодой белоснежный красавец Петяка, — не решились: вдруг он станет терроризировать новичка. Думали-думали и постановили: посадить Павлина временно к орлам-осоодам. Хоть они и орлы, но нрава тихого, спокойного, едят только насекомых и их личинок. Павлин для них — слишком крупная добыча, да и корма им хватает. Не станут они обижать бентама.

Осоеды — два самца, Ося и Вася, — попали к юннатам еще птенцами. Ребята вырастили их, птицы были совсем ручными и миролюбивыми. Жили они в просторном вольере и никогда не задирали друг друга.

Сказано — сделано: посадили Павлина к осоодам, поставили в вольер еще одну кормушку, насыпали в нее корм и стали смотреть, что будет дальше.

Осоеды приняли новичка с любопытством, но дружелюбно. Со своего высокого насеста — палки, пропущенной через ячейки редкой сетки, — не слетали. Только внимательно разглядывали гостя то одним, то другим глазом, поворачивая шею.

Павлин отнесся к хозяевам вольера еще более сдержанно. Сразу же отошел к стенке и тоже стал рассматривать их то одним, то другим глазом. Осоеды не показывали ни малейшей враждебности. Павлин успокоился, подошел к своей кормушке и начал клевать зерно. Правда, стоило Осе или Васе пошевелиться на насесте, Павлин отрывался от еды и, замерев, тревожно смотрел на них. Но проходила минута-другая, и бентам возвращался к еде.

Войдя во вкус, он забрался в кормушку и, лихо работая ногами, принялся разгребать корм, да так, что зерна полетели во все стороны.



Фотобанк Лори/Владимир Борисов

*У осоеда грозный вид, но питается он насекомыми, а не курами*

Осоедов этот способ добычи корма сильно удивил. Низко свесив головы, они с интересом наблюдали за петушком. То ли происходящее в кормушке их так потрясло, то ли они решили, что настало время для более короткого знакомства, но сначала более смелый Вася, а за ним и трусоватый Ося спланировали с насеста и аккуратно приземлились возле Павлина.

Петушок, приняв любопытство за агрессию, с отчаянным криком кинулся к стенке вольера, прижался к ней и замер. От ужаса он даже закрыл глаза. Но осоеды, внимательно рассмотрев его еще раз, направились к своей кормушке и начали степенно склевывать корм. Подкрепившись, попили из поилки и принялись за туалет — перебирание перьев.

Павлину понадобилось целых двадцать минут, чтобы прийти в себя. Наконец он успокоился, встряхнулся и снова вернулся к еде.

Итак, первое знакомство состоялось, наши надежды на мирный нрав осоедов оправдались, значит, можно было оставить Павлина у них. Для ночлега ему специально соорудили насест, пропустив еще одну палку через сетку, но невысоко над полом.

Так прошло несколько дней. Павлин совершенно привык к осоедам. Как ни в чем не бывало, он разгуливал по вольеру, клевал зерно либо сидел на своем насесте. Мало того — в один прекрасный день мы обнаружили, что он объедает осоедов! Наверное, ему не хватало белка в корме, и бентам повадился склевывать личинок насекомых, которыми кормили Осю и Васю. Те беспомощно смотрели на грабеж, доедали то, что изволил оставить им петух, но не пытались приструнить нахала. Пришлось срочно вводить в рацион Павлина белковые добавки, и только тогда он оставил в покое кормушку осоедов. Точнее, не съедал у них очень много. Когда птицам

задавали корм, Павлин сначала осматривал чужую кормушку и только потом — свою, и два-три лакомых кусочка он все-таки утаскивал у осоедов.

Со временем Павлин превратился в красивого, стройного и очень голосистого петушка. Как правило, тон задавал Петька. Прокукарекав «баритоном», он хлопал крыльями и настороженно прислушивался. Павлин отвечал звонким «дискантом», тоже хлопал крыльями и замолкал. Петька кукарекал снова, Павлин опять ему отвечал. Казалось, что он пародирует, раздражает Петьку. Послушать петушины дуэты приходили ребята из других кружков. А когда мы записали четыре таких дуэта на магнитофонную ленту и дали прослушать запись на вечер в одной из школ, восторгу ребят не было предела.

Осоеды и бентам часто отдыхали теперь на одном насесте: Павлин сидел рядом с осоедами или между ними. Нередко можно было наблюдать сценки вроде следующей. В середине, нахолившись, сидит Павлин, с одной стороны Ося, с другой Вася, и у всех троих необычайно важный вид. Но вот Осю что-то обеспокоило, и он, слегка толкнув бентама, принялся чистить перышки на крыле. Павлин недовольно тыкает клювом беспокойного соседа, тот виновато замирает. И снова птицы мирно дремлют, тесно прижавшись друг к другу.

А однажды произошел случай, показавший, насколько сильно птицы подружились. Вечером, когда юннаты уже начали расходиться по домам, раздался истошный крик Павлина. Все, кто услышал этот крик, бросились к нему на помощь.

Оказалось, в полу прогрызла дыру и пролезла в вольер здоровенная крыса. Она напала на Павлина и пыталась его задушить. Бентам яростно сопротивлялся, только где ему, малышу, справиться с такой громадиной?

И тут случилось невероятное. Вася, встревоженно следивший сверху за происходящим, спикировал вниз и что есть силы долбанул крысу в голову. Следом слетел Ося и клюнул ее в спину. Крыса оставила петушка и набросилась на Васю. Но тот не растерялся и снова стукнул крысу в голову.

Трудно сказать, чем бы все это кончилось, но крыса, заметив нас, шмыгнула в дыру под пол. А мы занялись Павлином.

К счастью, крыса не очень сильно поранила петушка, он быстро поправился. Бентам по-прежнему дружил с осоедами, а нам даже казалось, что эта дружба стала крепче. Точно так же бентам обследовал кормушки соседей. Но в холодные зимние дни птицы, сидя на насесте, как-то еще теснее прижимались друг к другу.

В кружок приходили ребята из разных школ. Они смотрели на петушка и осоедов, мирно живущих в одном вольере, и удивлялись.

— Наверное, вы их с малых лет приучили друг к другу, — говорили они, — ведь не могут же куры уживаться с орлами!

Мы объясняли, в чем тут дело, и обязательно рассказывали, как Вася и Ося заступились за петушка.

А крыса? — спросит читатель. Крысу мы изловили на следующий же день.

## Заботливая мама

Некогда на троне Египта восседал мудрый царь Осирис. Его женой была добрая царица Исида, дающая миру плодородие. По ее совету Осирис научил народ Египта орошать пустынные земли и возделывать их. Однако недолго царствовал Осирис: его убил властолюбивый, завистливый и коварный Сет. Он разрубил тело Осириса на мелкие кусочки и бросил их в воды Нила. Долго и неутешно горевала овдовевшая царица и поклялась богам, что соберет все кусочки тела Осириса. Поклясться-то поклялась, а как выполнить обет?

И вот однажды, когда Исида сидела на берегу благодатного Нила и предавалась скорби, из воды выплыла маленькая рыбка — египтяне называли ее бульти. Во рту она держала один из кусочков тела Осириса. Бульти положила его к ногам пе-

чальной царицы и снова погрузилась в воды Нила. Много раз повторила она это, пока не собрала перед Исидой все останки Осириса. Тогда царица сложила их и похоронила с почестями, как полагается хоронить царей. А бульти справедливые боги наградили за доброе дело чудесной способностью сильно растягивать рот. Вот почему египтяне высекали на гробницах своих царей изображение рыбки с непропорционально большой головой и тонким, словно высохшим туловищем.

Это легенда. Но рыбка бульти на самом деле живет в мутных водах Нила и действительно может так раскрыть свой рот, что ее голова становится фантастически огромной. Только вот зачем ей это?

...В юннатский кружок пару бульти передали шефы из зоопарка. Рыбок поместили в просторный аквариум, где они отлично прижились. И вот однажды весной юннаты обратили внимание на странное поведение бульти. Сначала самец беспокойно плавал по аквариуму, будто что-то искал. Потом энергичными движениями рта стал рыть песок на дне и рыл до тех пор, пока в нем не образовалась ямка. Самка немедленно отложила туда несколько икринок, затем широко открыла рот и проглотила их. Но мы знали, в чем дело, и нисколько не удивились. Рыбка не съела икринки — она будет их носить во рту, пока не проклюнутся мальки!

Время шло, самка абсолютно ничего не ела. За это время ее «подбородок» все сильнее увеличивался, а туловище уменьшалось прямо на глазах. На одиннадцатый день рыбка наконец открыла рот. Из него резво, словно играя друг с другом, выплыли мальки. Они тут же расплылись в разные стороны в поисках корма. А заботливая мама только теперь, освободившись от драгоценной ноши, съела несколько рачков-дафний.

Я слегка, еле слышно постучал по стенке аквариума. Мама-ша тут же резко повернулась на девяносто градусов, широко раскрыла свой огромный рот, и молодь, словно по команде, с максимальной скоростью бросилась в укрытие.

Прошло несколько минут, и мама-бульти решила выпустить мальков на свободу. Они гуськом выплыли из маминого рта и снова дружно принялись за еду. Вернулась к прерванной трапезе и мать. И позднее мальки часто пользовались маминой защитой, пока не подросли и не повзрослели.

Почему же бульти ведут себя так странно? Дело в том, что вода в Ниле очень мутная от взвешенного в ней ила, ничего-то в ней не видно. В таких потемках легко потерять все потомство, ведь врагов у маленьких рыбок много. Про малышек других животных говорят, что они у родителей «всегда на глазах». У бульти по-другому: всегда во рту.

## Проказник Митька

В тот год в юннатском кружке жило целых четверо лисят-самцов. Все они попали туда долгим кружным путем, через многие злоключения и мытарства. Лисята были сиротами, и это, естественно, наложило отпечаток на их характеры.

Один из них, по-видимому, угодил в руки браконьеров. Его явно держали в маленькой тесной клетке, плохо кормили и





*Маленькие лисята и сейчас иногда сами приходят к людям, в точности как Митька*

не ухаживали. Потом, очевидно, он надоел «хозяевам», и зверька выбросили на улицу. Сердобольные люди принесли его в юннатский кружок. Трусишка — такое имя дали лисенку — передвигался с трудом, вздрагивал при любом звуке и боялся всех и вся. Похоже, что его раньше били: когда юннаты зачем-либо наклонялись над ним, он в ужасе закрывал глаза и ложился на пол, мелко трясясь всем телом. И хотя он был окружен всеобщим вниманием, заботой и лаской, характер лисенка не менялся. Естественно, он никогда не участвовал в играх и потасовках остальных лисят.

Двух других лисят принесли из леса грибники. Они решили, что малыши потерялись и пропадут в лесу. Конечно, грибники поступили неправильно, но ничего не поделаешь. Не везти же маленьких зверят назад в лес — где теперь искать их семью? Так и остались они в кружке. Новая обстановка им совсем не понравилась. Они постоянно были недовольны и, даже укладываясь спать, сердито ворчали. За это их в кружке называли Брюзгой и Ворчуном.

А четвертый лисенок явился к юннатам сам. Как-то раз приходят ребята после уроков в кружок, а на лестничной площадке, на подоконнике над теплой батареей центрального отопления, свернувшись калачиком, спит худой и грязный-прегрязный зверек. И хотя он настороженно смотрел на юннатов, но не убежал от них, позволил даже погладить себя по спинке. По пушистому хвосту, форме ушей и глазам признали в нем лисенка и взяли в кружок: очень уж понравился симпатичный, сообразительный зверек.

Для начала его накормили и посадили отдельно от других животных, на карантин — чтобы не заразил остальных, если вдруг окажется больным. А через месяц Митьку перевели к Трусишке, Брюзге и Ворчуну.

В общей компании Митька оказался неугомонным, подвижным шалуном, да к тому же еще забиякой и воришкой. Непрерывно носясь взад и вперед по вольтеру, он не успокаивался до тех пор, пока не рассорит других лисят. Пробежит мимо раз, другой, третий, мазнет пушистым хвостом по носу — вот и повод для потасовки.

Особенно не понравился новичок Трусишке. Тот прямо выходил из себя при виде плутоватой Митькиной мордашки. Появление Митьки всегда кончалось какой-нибудь проказой, озорством, а то и воровством.

...Вот принесли лисятам поесть — их любимых белых мышей, сырые куриные яйца и молоко. Митька, как обычно, быстрее всех справился со своей порцией и вдруг заметил яйцо, лежавшее возле Трусишки. Тот по своему обыкновению ел медленно.

Ловко орудуя лапками и носом, Митька тихо, без шума откатил лакомство в сторону и сильно ударил о край эмалированной поилки — яйцо разбилось, и Митька с удовольствием его выпил.

Тут Трусишка обнаружил пропажу и ужасно взволновался. Он тихо, обиженно заскулил, пошел сначала к Брюзге, потом к Ворчуну и Митьке, издали обнюхивая их мордочки. Обследовав Митьку, громко завизжал и закашлял от возмущения: учуял, кто стащил у него яйцо.

Брюзга и Ворчун, точно сговорившись, бросили еду и накинулись на воришку. Клубком покатались по полу три лисенка, а чуть погодя к ним подковылял и Трусишка и присоединился к потасовке. Драка разгорелась нешуточная. Сердито визжа, лисята своими острыми зубками хватили друг друга за лапы, носы, уши.

Как ни был Митька силен, ловок и гибок, не удалось ему устоять против троих. Упал лисенок на пол, Ворчун, не зевая, ухватил его за ухо и что есть силы рванул. Но Митька сделал отчаянное усилие, вырвал ухо из зубов противника, вскочил на ноги и вихрем взлетел на крышу домика.

Остальные лисята еще пошумели, однако не полезли за ним, а вернулись к прерванному обеду. Покончив с едой, забрались в домик — спать.

Ухо у проказника болело, ему очень хотелось пить, но он так и остался на крыше домика, не решаясь спуститься вниз.

Митьку отнесли в ветеринарную лечебницу, где ему зашили ухо. И все же пришлось его отсадить от других лисят: они были решительно настроены против него.

Через некоторое время лисята подросли. Брюзгу и Ворчуну передали в другие юннатские кружки, где не было лисят. А Митька с Трусишкой так и остались у нас, но в разных вольтерах: вместе держать их было нельзя. Митька со временем стал самым настоящим артистом: мы его выдрессировали, и он часто выступал на вечерах — у нас в кружке и в школах. А Трусишка всегда напоминал ребятам о том, как жестоко некоторые люди относятся к животным.



# Полезные ссылки

## Curiosities of Biological Nomenclature

Curiosities of Biological Nomenclature

<http://www.curiooustaxonomy.net>

«Курьезы биологической номенклатуры» — англоязычный сайт, посвященный забавным названиям, которые придумывают биологи для растений, животных и генов с белками. Ссылка не очень полезная, скорее побуждает отлынивать от работы, но настроение поднимает. «Джордан-элемент (Jordan element) — назван в честь Майкла Джордана за свою экстраординарную способность скакать по геному одноклеточного растения *Volvox*». У дрозофил с мутацией *tinman* (в русском переводе «Железный Дровосек») нет сердца. В честь графа Дракулы названы летучая мышь, две орхидеи и две рыбы. Двустворчатый моллюск зовется *Abra cadabra*, а паук — *Pimothulhu* (шутка для любителей творчества Лавкрафта). Обширен список биообъектов, названных в честь Толкиена и его персонажей (по-настоящему вклад в него внесли и российские биологи). А тем, кто думает, что современные ученые слишком распоясались, будет интересно узнать, как переводится название гриба-дождевика *Lycoperdon*.

## Основы химии. Интернет-учебник



<http://www.hemi.nsu.ru>

«Вы зашли на образовательный сайт, в основу которого положен экспериментальный учебник по химии для 8—11-го классов средней школы. Здесь нет ошибки: учебник был написан как для начинающих химиков, так и для выпускников школ и абитуриентов. В последующие годы материал учебника серьезно перерабатывался и расширялся, однако от первоначального варианта неизменным осталось главное — структура разделов, отражающая нашу основную идею о том, что изучение химии должно строиться на основе знаний об атоме... С помощью опубликованного здесь интернет-учебника можно не только начинать изучение химии "с нуля", но и повторять предмет для подготовки к серьезным экзаменам. Студентам он поможет восполнить пробелы в школьном образовании». Все это чистая правда. Авторы учебника и с химией, и с преподаванием знакомы не понаслышке. Помимо необходимых таблиц и схем текст снабжен прекрасными фотографиями и рисунками.

## Webelements



<http://webelements.narod.ru/index.html>

Интерактивный справочник по Периодической системе. «Щелкните по элементу в таблице, чтобы прочесть данные о нем». Информация о каждом элементе достаточно полная, имеются также биография Д.И. Менделеева с замечательной подборкой фотографий и конечно же раздел «Юмор». Сайт незамысловатый, но примечателен среди других «народных» проектов, во-первых, отсутствием анонимности — трое авторов честно представились и регулярно отвечают на вопросы в гостевой книге, а во-вторых, возрастом авторов на момент создания сайта. Ресурс может быть полезен старшеклассникам — и как источник дополнительных материалов, и как положительный пример.



## Космический мир



<http://www.cosmoworld.ru>

Информация о российском космосе. Здесь находятся два великолепных источника — энциклопедия «Космонавтика» Александра Железнякова и «История российской советской космонавтики» Александра Красникова. (К сожалению, второй из двух проектов зачем-то исполнен черным шрифтом на темно-синем фоне — видны одни выделения и гиперссылки.) Биографии космонавтов и конструкторов (последняя категория, очевидно, включает всех, кто трудился на Земле во имя освоения космоса: среди «конструкторов» можно найти Артура Кларка, Я.И. Перельмана и астрофизика Субрахманьяна Чандрасекара). Славная история орбитальной станции «Мир» во всех подробностях. «Пульты космонавтов» — детальные сведения о средствах отображения информации на разных кораблях. Хроника освоения космоса. Полет Гагарина (с аудио- и видеоматериалами, со страницами газет тех дней в pdf-формате). Космодромы, космические программы, ракеты-носители... Есть и раздел новостей, но только по 2007 год: более поздние переместились на сайт журнала «Новости космонавтики» (<http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/>).

## Нолик



<http://www.nolik.ru/>

Один из сервисов на непоисковом справочнике WhoYOUgle.ru. Еще О.Генри заметил, что чтение «справочников необходимых познаний» — увлекательнейшее занятие. Среди того, что предлагает пользователям WhoYOUgle, имеются определитель пород собак, карты метрополитенов мира, список названий всех цветов (включающий такие перлы, как «сине-зеленый цвета чирка» и «цвет Яндекса», с точным описанием параметров от RGB до hex). Что касается «Нолика», на нем собрана исчерпывающая информация о единицах измерения, метрических и неметрических, конвертеры для перевода их друг в друга (бесценная услуга для тех, кому надоело делать это с помощью калькулятора), наиболее распространенные календари и валюты (тоже с разнообразными услугами, от пересчета из григорианского в юлианский до налогового и производственного календарей). Есть также полезные сервисы, проливающие свет на таинственные процессы, которые происходят с нами и нашими данными в Сети. Вы не знаете, какие у вас IP и операционная система, — здесь подскажут ответ. Вы сами знаете чей-то IP и хотите узнать больше об этом типе — здесь помогут. Отправленные вами данные где-то застряли — здесь найдут, где именно. Также, в качестве бонуса, — стандарты и формы электрических розеток и вилок, напряжения и частоты тока в любой стране, информация об адресах и телефонах представительств зарубежных государств в России.



### Популярная химия сталинской эпохи

Одно из ярких впечатлений детства — старая потрепанная книжка «Химия вокруг нас», каким-то чудом осевшая на библиотечной полке пионерлагеря. Имя автора не запомнилось, а вот забавные рассказы о каучуке и полимерах, казавшиеся наивными даже десятилетнему ребенку, засели, однако, в голове на долгие годы. Больше эта книга, к сожалению, нигде не встречалась. Кто бы мог подумать, что под пестрой кичевой обложкой книги, изданной «Центрополиграфом» в 2011 году в серии с нескронным названием «Азбука науки для юных гениев», обнаружится текст того же автора?

Не буду далее интриговать читателя. Книга называется «Занимательная химия», ее автор — Владимир Владимирович Рюмин, инженер и учитель, прославленный популяризатор науки первой половины XX века. Это он обратил внимание на работы Циолковского, начал пропагандировать его труды и состоял с ним в дружеской переписке. Константин Эдуардович высоко ценил поддержку, оказанную ему Рюминым, и превосходно о нем отзывался. «Занимательная химия» — одна из самых знаменитых книг Рюмина. Написанная в 1926 году, она выдержала при жизни автора семь изданий (последнее — в 1936-м). А в 2011 году увидело свет восьмое издание, «исправленное, дополненное и переработанное».

Кто занимался исправлениями, дополнениями и переработкой, не известно. В книге об этом ничего не сказано. Интересно, однако, понять, что из напечатанного в 2011 году принадлежит перу Рюмина, а что — «Центрополиграфу». Лет двадцать назад пришлось бы идти в какую-нибудь солидную библиотеку и брать (хорошо, если в абонементе, а не в читальном зале!) старую книгу (хорошо, если она имеется в фонде!). Но сейчас для этого у нас есть Интернет. Можно читать, не отходя от компьютера. Конечно, сравнение двух книг потребовало немало времени, но занятие оказалось интересным. О результатах доложу.

Научно-познавательные книги Рюмина не зря пользовались огромной популярностью в довоенные годы: автор, инженер-химик по образованию и первой профессии, обладал широчайшими познаниями в об-

ласти производства и применения различных веществ. Добавьте умение доступно и нескучно рассказывать об этом, как и полагается учителю. В «Занимательной химии» В.В.Рюмин делится своими профессиональными секретами по части демонстрации зрелищных химических опытов: «Я покажу вам несколько десятков таких опытов, и вы увидите, что они не только любопытны, но зачастую и весьма поучительны». И с этой точки зрения книга интересна в первую очередь учителям и педагогам дополнительного образования.

Собственно говоря, учитель или руководитель кружка, имеющий доступ к нужным реактивам, может взять на вооружение технику постановки уже известного ему опыта, а также его словесное сопровождение. Книга Рюмина построена как рассказ демонстратора по ходу проведения эксперимента: «Пока вы читали отрывки из Гоголя и Андерсена, я вскипятил в двух колбах воду. Выливаю из них кипятки в третью, большей вместимости, и накрываю ее платком. Минуту терпения! Готово! Снимаю платок и передаю вам остывшую колбу. Какая красота! Какой блеск!» (Отрывки из Гоголя и Андерсена, а также Жюль Верна, Брета Гарта и других, не известных современному читателю авторов приводятся в книге В. В. Рюмина в качестве иллюстрации к рассказам о веществах.) Или: «Смотрите. Я беру ленточку металла магния и один конец ее укрепляю в пробке, пробкою же закупориваю бутылку с отрезанным дном, так что ленточка висит внутри ее» и т. д.

Для опытов, изложенных в книге, может потребоваться не только магниевая лента, но и сурьма, хлорид палладия, бертолетова соль... «Юному гению» останется довольствоваться только живописными рассказами Рюмина об экспериментах, потому что раздобыть эти реактивы ему вряд ли удастся. Некоторые из рекомендаций автора, данные в 20-е годы XX века, сейчас по понятным причинам трудновыполнимы. Чем, например, заменить «так называемое марсельское мыло, изготавливаемое из оливкового масла»? Где взять кампешевое дерево и что это такое? А совет покупать реактивы или даже готовые растворы в аптеке или аптечном складе устарел лет на пятьдесят, что и неудивительно.

Никаких вопросов не возникало бы, если б издание было репринтное. Но нам обещали: «Книга переработана с учетом новейших достижений химической науки и будет интересна как тем, кому еще только предстоит изучение химии, так и всем тем, кто хочет применить полученные знания на практике». И если к В.В.Рюмину нет никаких претензий, то к издательству, взявшемуся адаптировать текст книги к современным

**Владимир Рюмин.**  
«Занимательная химия»,  
Центрополиграф,  
Москва, 2011

требованиям, замечания имеются.

Конечно, можно понять, почему из книги, написанной в 20-е годы и переиздававшейся в 30-е, «Центрополиграф» выкорчевал упоминания о вождях революции и преимуществах социалистических форм хозяйствования перед капиталистическими, а Ленинград заменил на Санкт-Петербург. Хотя, на мой взгляд, юным читателям было бы полезно проиллюстрировать знания из истории страны такими, например, забавными фразами: «Печальным геологическим фактом для капиталистических хищников является то весьма приятное для нас обстоятельство, что наша страна, страна социализма, заключает в недрах поверхности своей территории величайшие в мире запасы рудного и рассыпного золота». Или: «Гальваностегия и гальванопластика... были открыты в 1838 году Морицем Якоби. И где? В России времен Николая Палкина. Кем? Архитектором и даже профессором архитектуры». Но по какой причине заодно из книги выкинули рассказы о разведке и разработке месторождений в СССР? Почему вымараны факты биографии Фарадея: «...сын кузнеца, ученик переплетчика, окончивший только начальную школу»? Это уже похоже на идеологические перекосы с обратным знаком!

А то, что надо было поправить — транслитерацию имен иностранных ученых, — как раз и не поправили. Фридрих Вёлер у Рюмина записан как Веллер, а Уильям Перкин как Перкинс, и в восьмом издании исправления не внесены. У Рюмина был еще Пристлей (то есть Пристли), но его почему-то вообще из текста удалили.

Следовало бы привести в соответствие с современными правилами и номенклатуру неорганических веществ. И с этой задачей безвестный редактор не справился. Окислы на оксиды в большинстве случаев, хотя и не везде, заменил, а вот гидрат окиси благополучно оставил. С названиями солей еще хуже: одинокие





силикат и дихромат заблудились среди азотнокислых, железисто-синеродистых, уксуснокислых и уксусно-натриевых солей, а хлориды на одной странице соседствуют с хлористыми солями. Вот лучший способ заморочить голову юному читателю — дать знакомым веществам названия, с которыми ни в одном современном учебнике не встретишься! Одно и то же вещество в разных главах книги именуется по-разному: перманганат калия на следующей странице стал марганцовокислым калием, а несколько страницами ранее был марганцево-калиевой солью. Как непосвященный человек может догадаться, что речь идет об одном и том же веществе?

В иных случаях название вещества изменено ошибочно. Так, сода в восьмом издании упорно именуется двууглекислым натрием, при том, что у Рюмина она справедливо названа углекислым натрием. Это не так важно, когда речь идет о реакциях, возможных как для средних, так и для кислых карбонатов. А вот для «превращения воды в молоко» следует брать именно среднюю соль (углекислый натрий), как и предлагает Рюмин, а не кислую (двууглекислый натрий). В противном случае «молоко» окажется сильно «разбавленным», то есть будет не белый осадок, а лишь помутнение.

Определенно нуждаются в замене, хотя и не заменены, устаревшие термины: «обменное разложение», «кристаллоиды», «твердые тела» (вместо твердых веществ) и «простые тела» (вместо простых веществ). Особенно заметно, как изменился за несколько десятков лет язык химии, когда читаешь фразы наподобие такой: «Вы на опыте убеждаетесь, что вода состоит из двух объемов водорода и одного объема кислорода». Современному восьмикласснику за такую фразу на уроке химии не поздоровилось бы! Значит, в книге для школьников ее следовало отредактировать или прокомментировать.

Целомудренный редактор «Центрполиграфа» удалил из текста В.В.Рюмина упоминания о курении и спиртных напитках. Так, всем известное химическое «превращение воды в вино», вероятно ассоциировавшееся в стародавние времена с библейской историей о браке в Кане Галилейской, стало «превращением воды в вишневый сок». А оригинальная постановка опыта «дым без огня» с имитацией курения в издании «Центрполиграфа» отсутствует. Стали более строгими требования к безопасности опытов. Там, например, где В.В.Рюмин рекомендует не употреблять в пищу яйцо, выдержанное в кислоте, «без хорошего промывания», в восьмом издании категорически предписывается «ни в коем случае» такое яйцо не есть.

При сравнении старого и нового текстов немало позабавила трогательная поллиткорректность нашего современника: «доисторических дикарей» он заменил на «первобытных людей», «живых тварей» — на «животных», «бога воровства» — на «бога

торговли» (ха-ха!), «трупники ящериц» — на «засушенных ящериц». Некоторые замены кажутся странными: «асбестированная сетка» заменена «проволочной сеткой из асбеста» (так из асбеста или из проволоки?). Может быть, предполагалось, что слово «асбестированная» слишком сложно для юного читателя? Но тогда зачем в текст внесены такие термины, как «эпицентр взрыва», «криогенная ректификация», «способность к регенерации»? Рюмин в своей книге прекрасно обошелся без этих премудростей.

Общее же впечатление таково, что от переработки текст В.В.Рюмина не выиграл. Живой, яркий, пусть старомодный, но самобытный язык Рюмина местами «Центрполиграф» заменяет зачем-то пресной бюрократической речью. Вот примеры. Вместо экспрессивного рюминского «сердце судорожно сжимается» читаем протокольное «учащается сердцебиение». В предложении о «знакомстве с этой благодетельной, но грозной наукой» (то есть с химией) вымараны прилагательные, и осталось безликое «с этой наукой». Вместо «в деле массового уничтожения людей» читаем «в военном деле».

Большие затруднения испытывал переработчик, пытаясь приблизить содержание довоенной книги к реалиям сегодняшнего дня. Упоминания о печке и самоваре из текста изъяты, а там, где в ходе эксперимента к печке нужно приложить лист бумаги, наш редактор находчиво заменил ее конфоркой электрической плиты. Мне почему-то кажется, что в нашей стране гораздо большее число детей имеет дело с печкой, чем с электрической плитой. Да и вообще, чем «Центрполиграфу» не угодила печка? Обычное «действующее лицо» русской сказки. Может, и в сказке «По щучьему велению» печку заменить электрической плитой?

В тех случаях, когда ушедшие в прошлое детали быта задействованы в эксперименте, переработчик прибегает к прошедшему времени и сослагательному наклонению. Неуклюжая замена порой дает неожиданный эффект. Иногда такой текст выглядит как бесплодные мечтания: «Если бы вы нашли кампешевое дерево (оно продавалось в виде стружек), отварили его в тонкостенной колбе и после этого...» и т. д. Современный прагматичный подросток должен испытать досаду от таких фантастических рассказов, далеких от воплощения. Зачем описывать то, что нельзя проделать?

В иных же случаях изменение времени глагола на прошедшее приводит к вынужденному изменению наклонения глагола. Ведь у повелительного наклонения нет прошедшего времени! И меняется смысл. Например, Рюмин предлагает купить у уличного продавца шарик, надутый водородом, и провести опыт, имитирующий взрыв дирижабля. Далее следует инструкция по проведению опыта: «привяжите стопиновую нить», «подожгите», «выпустите шар на волю», — и описание ожидаемого результата

та: «шар взрывается», бумажные человечки («несчастные аэронавты») «падают к вашим ногам». А сейчас такие шарики на улицах не продаются. Поэтому в новоявленном тексте все манипуляции с шариком, наполненным водородом, описаны в прошедшем времени: «привязывали», «поджигали», «выпускали», «взрывался», «падали». Не правда ли, рисуется странная картина? Как будто «раньше на улицах наших городов» все прохожие, как заведенные, без конца поджигали и выпускали шарики. А те всё взрывались, и бумажные человечки гроздьями падали с небес.

К сожалению, несмотря на «исправление и переработку», в восьмое издание из предыдущего перекочевала опечатка: согревающая резиновая подушка, внутри которой протекает экзотермическая реакция, ошибочно названа «химической горелкой», а не химической грелкой. Хотя совершенно очевидно, что греть она греет, а никакого горения при этом не наблюдается. При переиздании эта опечатка осталась незамеченной. И добавились новые.

Так, на странице 60 нового издания можно прочитать странное заявление маститого ученого в адрес Фарадея, работавшего над «сгущением хлора»: «Молодой человек, надо чаще мыть химическую посуду, у вас внутри трубки я вижу какие-то жирные капли. Перекись марганца можно заменить марганцево-калиевой солью; тогда и нагревать не нужно», — на которое Фарадей промолчал. У читателя возникает ощущение, что профессор этот, пребывая в глубоком маразме, издает бессвязный лепет, на который и ответить-то нечего. Но Фарадей все-таки дал оппоненту письменный ответ: «То, что вы сочли грязью, был жидкий хлор». Это о жирных каплях в трубке. А при чем тут перекись марганца? Да ни при чем. В разговор с Фарадеем вторая фраза случайно вклинилась из сноски, сделанной на этой странице в старом издании. Почему только никто из редакторов этого не заметил?

Но остановимся и сделаем выводы. Восьмое издание книги В.В.Рюмина «Занимательная химия» следует признать ухудшенной версией старого издания. Однако читать книги этого талантливого популяризатора науки стоит — узнаете много нового, а также хорошо забытого старого, и при этом совсем не заскучаете. Однако лучше обратиться к оригинальному изданию.

# Уксус

**Как готовят уксус?** Уксус — это специя, водный раствор уксусной кислоты. Она образуется в результате уксусного сбраживания, а проще говоря, скисания фруктовых соков и вин. Собственно, французское название уксуса «vinaigre» в переводе означает «кислое вино». Из чего только не делают уксус: из яблок, клубники, смородины, меда, топинамбура, риса, солода, пшеницы, ячменя, ореха pekan, березового сока, сахарного тростника, фиников. В каждой стране свой уксус, по подсчетам специалистов, их более 4000 видов, но алгоритм получения всегда один: сначала сырье подвергают спиртовому брожению, а потом уксусному. Его осуществляют бактерии *Acetobacter aceti*, *Acetobacterium woodii* или *Clostridium aceticum*, ферменты которых превращают спирт в уксусную кислоту. Уксуснокислое брожение, в отличие от спиртового, происходит в присутствии кислорода, поэтому уксус готовят в посуде с широким горлом. Когда брожение закончится, то есть жидкость перестанет пузыриться и исчезнет муть, ее фильтруют. Концентрация уксусной кислоты в готовом продукте составляет 4—6%. Помимо нее уксус содержит комплекс витаминов, органических кислот и других соединений, которые присутствовали в исходном сырье.

Кроме натурального уксуса есть еще уксус синтетический, который называют столовым. Это разбавленная до нужной концентрации уксусная кислота, полученная химическим путем. Чаще всего она представляет собой продукт пиролиза (сухой перегонки) древесины. Древесину нагревают до 450°C без доступа воздуха, и из жидких продуктов перегонки экстрагируют уксусную кислоту.

**Какая польза от уксуса?** Кулинары используют уксус для приготовления маринадов, для подкисления и придания остроты блюдам и для восстановления цвета поблекших при варке овощей. При пониженной кислотности уксус способствует пищеварению, а также возбуждает аппетит и обладает антимикробной активностью. Однако применять его надо с осторожностью, особенно столовый, который представляет собой разбавленную кислоту и ничего более. Зато синтетический уксус хорош как чистящее средство: удаляет ржавчину, накипь, клей, следы от стикеров и жевательной резинки, позволяет избавиться от неприятных запахов. А деревянные поверхности, обработанные раствором уксуса, засверкают как новые.

**Почему борщ от уксуса краснеет?** Свекла красна бетацианинами. Важнейший из них, бетанин, разрушается при нагревании. В кислой среде он более устойчив, поэтому в борщ и другие блюда из вареной и тушеной свеклы в процессе приготовления добавляют уксус. Впрочем, эта методика актуальна лишь в тех случаях, когда борщ неправильно приготовлен: если варить его в несоленом бульоне, а соль добавлять минут за пять до конца, блюдо будет пунцовым без всякого уксуса. Однако сочетание свеклы с уксусом в кулинарии прижилось. Слово «винегрет» произошло от французского «vinaigrette», означающего заправку для салата из уксуса, соли и растительного масла.

**С какими продуктами сочетается уксус?** Уксусом заправляют салаты и добавляют его к мясным и овощным блюдам. Тем не менее уксус уксусу рознь: у каждого свой неповторимый вкус и аромат. Уксусы из красного вина сочетаются с мясом, из белого вина, риса и кукурузы — с рыбой и курицей.

Солодовый и тростниковый уксусы используют в подливах и соусах, винный красный идеален для салатов, поскольку не перебивает запах исходного продукта.

Иногда требуется немного подкислить сладкие блюда: кисели, компоты, соусы. Для этих целей уксус не годится, поскольку у него довольно резкий запах. В таких случаях используют лимонную кислоту, которая вообще не пахнет. Однако есть один уксус, которым не брезгуют даже кондитеры.

**Из чего делают бальзамический уксус?** Обычно по названию уксуса можно понять, из чего он приготовлен, но бывают и исключения. Например, фиалковый уксус — это винный уксус, настоянный на лепестках фиалок. Настурциевый содержит, помимо цветов настурции, гвоздику, черный перец, чеснок и лук шалот, и все это настаивают на солодовом уксусе. А самым ценным считают бальзамический, или бальзамный уксус. Возни с его приготовлением не меньше, чем с хорошим вином, и стоит он примерно столько же. Сначала получают винный уксус из очень сладких сортов белого винограда, затем соединяют с упаренным суслом из такого же винограда и помещают в деревянные бочки, где эта смесь созревает не менее 12 лет. Хранятся бочки не в подвалах, а на чердаках, где сухо и солнечно. Ежегодно около 10% уксуса испаряется, и продукт переливают в бочки все меньшего объема, сделанные из разных сортов дерева. К концу срока от 100 л уксуса остается всего 15.





А элитные сорта выдерживают не менее 25 лет, и стоят они более 100 долларов за бутылку. Настоящий бальзамный уксус буквально по капле добавляют в супы, салаты, десерты, даже в клубнику и мороженое.

Разумеется, возникает искушение упростить технологию. Так появился промышленный сорт бальзамического уксуса, который производят из белого винограда требьяно с добавлением трав, ароматизаторов и горелого сахара. Созревает он всего год и стоит много дешевле.

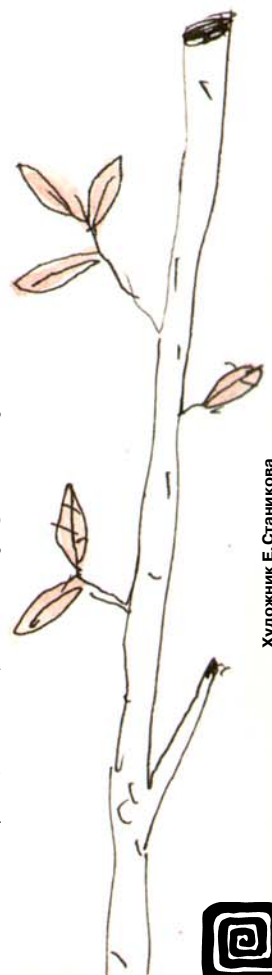
**Какой уксус называют белым?** Натуральные уксусы практически всегда окрашены, чем отличаются от столового, бесцветность которого свидетельствует о его химическом происхождении. Но и среди натуральных уксусов есть белый. Его изготавливают из пивного сусла, а потом очищают. Исходный неочищенный солодовый уксус имеет соломенно-желтый или коричневатый цвет. Он очень популярен в пивных Англии, где его добавляют в традиционные блюда, например в рыбу с жареным картофелем.

**Можно ли похудеть от яблочного уксуса?** Одно время огромной популярностью пользовался яблочный уксус, который считали чуть ли не панацеей. Действительно, в нем есть калий, полезный для сердца, а также фтор, кальций, фосфор, магний и железо, витамины, микроэлементы, органические кислоты. Английская народная мудрость гласит: «В день по яблоку — будешь без врача». Уксус из яблока советуют принимать по одной кофейной ложке пополам с медом дважды в день. Медики уверяют, что это великолепное средство от хронической усталости, анемии, артрита, гастрита, астмы и ангины. А если выпивать утром полстакана воды с растворенной столовой ложкой яблочного уксуса, то можно похудеть и улучшить цвет лица. Адепты этого напитка объясняют его похудательное действие наличием пектина, который снижает аппетит и связывает жиры. Жиры пектин и вправду связывает, но вряд ли столовая ложка уксуса содержит количество, достаточное для решения проблемы. А пить кислое натощак вредно. Другое дело, если принимать яблочный уксус после еды — в этом случае он помогает пищеварению людей с пониженной кислотностью, что действительно способствует похудению. А если кислотность повышена, лучше уксуса совсем избегать.

**Что такое чайный гриб?** Чайный гриб — это симбиоз уксуснокислых бактерий и нескольких видов дрожжей, растущий на 0,5—1,5%-ном растворе сладкого чая. Более крепкий чай угнетает микроорганизмы. Дрожжевые грибки сбраживают сахар в винный спирт, при этом выделяется углекислый газ, а уксуснокислые бактерии превращают спирт в уксусную кислоту. В результате получается кисловатый газированный напиток, известный как чайный квас, а фактически — чайный уксус. Он улучшает пищеварение, снижает кровяное давление, помогает при артритах, стимулирует иммунную систему, подавляет рост патогенных микроорганизмов. Некоторые исследователи приписывают антимикробную активность уксусной и глюконовой кислотам и этанолу, другие же связывают лечебные свойства настоя с высоким содержанием глюкуроновой кислоты, витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и В<sub>6</sub>. Однако общий целебный эффект чайного гриба, вероятнее всего, формируется в результате комплексного воздействия на организм многих веществ, органических кислот, ферментов, содержащихся в чае кофеина и танина, витаминов и иммуностимуляторов.

**Можно ли облагородить столовый уксус?** Покупать в магазинах винные и фруктовые уксусы дорого, готовить их самим — хлопотно, а использовать «химический» столовый уксус не хочется. Но и его можно легко превратить в благородную специю. Для этого литром 9%-ного уксуса заливают чисто вымытую цедру одного апельсина или лимона, или три измельченных зубчика чеснока, или 20 г измельченных стеблей молодого эстрагона. Через несколько дней профильтровать, хранить в темном прохладном месте. Можно настаивать уксус и на более сложных смесях (их хорошо использовать для маринадов): по одному стеблю базилика, котовника, укропа, эстрагона и шалфея мускатного, 3–4 листика обыкновенной полыни и 10–15 ягод можжевельника; 3–4 лавровых листа, по 5–6 горошин черного и душистого перца, 6–7 гвоздик и 1 чайная ложка горчичных семян или 1 столовая ложка корня хрена; 100 г эстрагона, 1 столовая ложка измельченного репчатого лука, 2–3 г соли и лимонная цедра. К рыбе подойдет уксус, настоянный на кореньях: 20 г петрушки, 30 г сельдерея и 5 г пастернака. «Сложные» уксусы созревают две-три недели.

**Н. Ручкина**



Художник Е. Станикова



**ЧТО МЫ ЕДИМ**





# Нештатная ситуация

Сергей Берестнев

*Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.*

Айзек Азимов

Наша экспедиция вылетела из Кодажаса 9 августа 2059 года. В составе группы двое, я и Арид. Третий наш коллега, Сергей Круглов, решил накануне попробовать некоторые блюда местной кухни. В результате — совокупность симптомов с красивым названием «диарея» и экстренная госпитализация.

Вообще-то отправляться на задание неукомплектованной группой не положено, но я уговорил начальника отдела натурных исследований разрешить наш вылет в порядке исключения. Мне почему-то верилось, что Серега оклемается денька через три и прибудет к нам с какой-нибудь попутной вертушкой. Брать в команду незнакомого сотрудника нельзя, тут ведь нужно сначала психологическую совместимость проверить. Я хотел побыстрее отбаранить последнюю по контракту двухнедельную вахту и махнуть на Канары.

Мы с Сергеем — сотрудники компании «Фармацевтик-транс». Компания надеялась найти в бассейне Амазонки загадочное растение, сок которого, по рассказам индейцев, замедлял процесс старения, а засушенный цветок, подаренный индейцами некоему немецкому туристу, был уже исследован. Вот мы и пытались разыскать пыльцу этого чуда на снующих в джунглях насекомых, а если повезет, то и само растение. Я — ботаник, Сергей — энтомолог, Арид — вообще универсал.

Когда вертолет Ми-99, пилотируемый Василием Лыковым, вышел в заданную зону, я по наводке системы «Глонасс» быстро нашёл станцию. Теперь надо осмотреть этот уютный домик площадью сорок квадратных метров, где нам предстояло жить и работать. Первым десантировался Арид. Он всегда работает на самых трудных и рискованных участках, потому что Арид — это аббревиатура от полного названия «Автономный робот — исследователь джунглей». Автономные роботы используются в натурных исследованиях больше двух лет и отлично себя зарекомендовали.

Арид радует меня своим обществом уже полтора года. Он — человекоподобный робот. Конечно, принять его за человека можно только с большого перепоя, но по помещениям он передвигается на двух ногах, основные работы выполняет двумя манипуляторами, закрепленными на верхней части корпуса, а визуальные и слуховые детекторы установлены во вращающемся блоке на верхней части корпуса. В конструкцию входят также выдвигаемые опоры для движения по джунглям, дополнительные захваты, контейнеры для сбора насекомых и растений, но они как-то не бросаются в глаза.

Станция располагалась на берегу худосочной речушки, чуть выше маленького омута. Надевая защитный костюм ЗОД-3, я наблюдал с борта вертолета, как Арид расчищал секатором место для моей высадки. Затем по тросу были сброшены семнадцать контейнеров, каждый весом по семь — девять



ФАНТАСТИКА

килограммов, объединенных в три связки, а уж за ними последовал и я. Защитный костюм надежно оберегал от укусов всяческих ядовитых тварей, а для обороны от крупных врагов у меня на шлеме был установлен электрошокер с радиусом поражения пять метров. Однако длительное пребывание в этом одеянии приводит к значительному физиологическому дискомфорту, так как воздух через защитную ткань совершенно не проходит.

Этому пилоту Ваське металлолом нужно возить, а не таких нежных существ, как я. Вертолет все время дергался, лестница болталась, и в результате я основательно долбанул левым плечом о какое-то дерево.

Войти в лабораторный отсек можно только через шлюз. Когда внешняя дверь закрылась, из динамика раздался голос: «Поднимите руки вверх, ноги поставьте на ширину плеч». Я выполнил команду, хотя левая рука поднималась с трудом — болело плечо. Из отверстий в полу, потолке и стенах брызнула дезинфицирующая жидкость. После окончания водных процедур открылась дверь в лабораторный отсек, где размещалось оборудование, необходимое для исследований. Отсюда можно было попасть в пищеблок, спальню, санузел и изоляционный бокс, предназначенный для мелких животных, если таковых придется изловить. Внутри все было в порядке, встроенные узлы готовы к работе, и мы с Аридом начали перетаскивать контейнеры к входу на станцию. Я очень спешил, так как хотел управиться до надвигающегося дождя.

Одна из связок основательно запуталась в кустах, зависнув над поверхностью воды. Все мои попытки высвободить экспедиционное имущество из цепких лап джунглей привели лишь к тому, что несколько веток надломилось и один из контейнеров оказался в реке. Я отстегнул от гирлянды два контейнера с химреагентами, доступные для транспортировки, а другие оставил Ариду.

Уже подтаскивая свою ношу к двери, я услышал шум со стороны кустов. Оглянулся и увидел: отсутствие оставленных контейнеров и хвост крокодила, судя по всему, крупного. Он неспешно удалялся с казенным имуществом к омуту. Я погнался за мерзкой тварью. Впрочем, «погнался» — громко сказано, ибо перемещаться по джунглям, где действительно не ступала нога человека, со скоростью более трех километров в час невозможно.

— Арид, поймай крокодила, он утащил контейнеры, там аптечка! — заорал я, вспомнив про красный крест, нарисованный на стенке одного из них.

— Задачу понял, хозяин: поймать крокодила, — отреагировал Арид и двинулся вслед за хищником.

Термин «хозяин» включен в лексикон Арида специально для таких упертых романтиков, как я. Робот напоминает мне, что он — машина и не нужно завязывать с ним приятельских отношений. Зачем я сопровождал команду «поймай крокодила» обвинением этому хищнику? А может быть, без должного

обоснования Арид не выполнит команду и скажет: «На фиг мне ловить эту тварь?» Любой приказ должен быть внятными — тогда робот выполняет его моментально и беспрекословно, если, конечно, программа не загрузит. В его электронные мозги накрепко вбиты законы робототехники, сформулированные еще Азимовым.

Арид не догнал крокодила. Хищник исчез в омуте, и продолжать преследование не имело смысла, поскольку применять электрошокер против подводной цели невозможно, а парализующие стрелы не пробьют толстую шкуру аллигатора, плывущего в воде. Тем не менее робот стоял на берегу и ошупывал дно, пока я не отменил приказ.

Познания Арида об окружающем мире весьма ограничены. Словарный запас соответствующий. Робот знает все виды живых существ и растений, существующих на Земле, их внешний вид, особенности их жизни, отношения к человеку. Он знает также названия предметов, используемых в быту, понимает команды типа: «подними», «принеси» и тому подобные. Еще в его электронные мозги напихали немного информации об особенностях климата данной местности, о нравах племени ироклюзов, обитающих в данном регионе, и еще что-то, не приносящее никакой практической пользы. Ну зачем нам знать среднемесячный уровень осадков? Для меня важна конкретика — когда кончится этот дождь, который начал барабанить по крыше лаборатории. Да и нравы ироклюзов меня не волнуют, их стойбище в сотне километров отсюда, и соваться в эту глушь, кишашую ядовитыми тварями, они не станут...

Переноска контейнеров изрядно утомила. Ушибленное плечо распухло и болело все сильнее. Возвращаясь из последней ходки, я уже не мог поднять левую руку. И какой идиот выдумал эту «зарядку» в шлюзе?

Я зашел в лабораторию, с удовольствием стянул с себя защитный костюм и, оставшись в одних трусах, занялся поиском контейнера с домашней одеждой, попутно расставляя лабораторное оборудование. Конечно, я здесь один, в лаборатории тепло, можно ходить хоть нагишом, но привычка... Впрочем, здесь где-то есть камеры видеонаблюдения, скидывающие картинки в «черный ящик», который будет вскрыт, если в экспедиции случится какое-нибудь ЧП. А в составе группы расследований есть женщины...

Арид сновал между контейнерами, разбросанными по лаборатории, и помогал мне открывать крышки. Эта услужливость стала раздражать. Я не выдержал и скомандовал: «Арид, отдыхай». Нет, я не беспокоился, что мой усердный помощник переутомится. Эта команда переводит робота в режим ожидания, в котором потребляется меньше энергии. При этом Арид фиксировал все происходящее, но его двигательные возможности становились ограниченными. Тем не менее автономные роботы иногда проявляют инициативу. При первичном программировании в их электронные мозги вложена серия тестовых сюжетов, показывающих, как робот должен себя правильно вести в той или иной ситуации. Если робот узнает ситуацию, он начинает действовать. Порой это напрягает, но, когда полгода назад в джунглях Анголы я по пояс провалился в трясину, инициатива Арида меня очень порадовала.

Я достал из контейнера мой любимый тренировочный костюм, и резкая боль пронзила большой палец левой ноги. Я взвыл, дернул ногой, и сразу что-то шмякнулось на пол и юркнуло в щель между приборами. В этот момент Арид шевельнулся, но снова замер. Похоже, какая-то кусачая тварь все-таки просочилась в помещение станции.

Печальная ситуация. Меня укусил неизвестно кто, а у меня даже нет аптечки. И главное, эта тварь жива и будет здесь бегать.

— Арид, ты видел, кто меня укусил? — спросил я робота.

— Да, хозяин.

— Кто это?

— Паук.

— Какой вид?

— Точно не известно. Было плохо видно, далеко. С вероятностью семьдесят процентов — арахнотерис. С вероятностью двадцать пять процентов — арахубель. С вероятностью пять процентов — не известно.

Если арахнотерис — дело плохо, ведь это разновидность «черной вдовы», паука каракурта, его латиноамериканский вид-близнец.

— Паука нужно поймать или убить и классифицировать с вероятностью сто процентов.

— Задачу понял, хозяин, паука поймать или убить и классифицировать.

Оставив робота в лаборатории, я удалился в пищеблок, прихватив с собой защитный костюм. Закрыв дверь, попытался электрической зажигалкой прижечь место укуса, но не уверен, что попал в нужную точку, затем, тихо матерясь, перебинтовал палец носовым платком. Отдохнув минуту, я достал шприц с универсальной сывороткой, подвешенный на прочном шнуре к подкладке ЗОД-3, и сделал укол. Универсальная сыворотка не спасает полностью, но существенно повышает сопротивляемость организма к любому яду. Теперь нужно почаще и побольше пить, но, к сожалению, только безалкогольные напитки. Я насыпал в стакан немного концентрата клюквы, оставшегося от предыдущих обитателей станции, и, налив очищенной воды, выпил залпом.

До сеанса связи оставалось еще три часа, но у меня были все основания для внеплановой беседы.

Набрав код базы, я услышал голос Георгия:

— Что случилось, Виктор?

— У меня нештатка, кажется, второй степени. Я потерял часть груза: аптечку и половину жратвы. Но главное — аптечка, я ушиб плечо, и меня цапнула какая-то дрянь, вроде — паука, а лечиться нечем...

— Ты его не классифицировал?

— Пока нет, но он в помещении, сейчас его Арид ловит. Когда поймает — классифицирует.

— Универсалку вколлот?

— Да.

— Как потерял груз?

— Крокодил уволок.

Представляю себе, какие байки потом будут ходить по базе. «Прибыв на место, Виктор решил задрожиться с местными крокодилами и в качестве жеста доброй воли поделился провизией и медикаментами». Но это будет потом. Если все кончится хорошо.

— Сейчас вертолет вылететь не сможет. Ты же видишь, как льет, — извиняющимся голосом произнес Георгий.

— Понимаю...

Закончив сеанс связи, я прислушался к происходящему в лаборатории. Там было тихо. Вошел туда и увидел неподвижного Арида.

— Я не могу поймать здесь паука. Я его видел хорошо. Я его классифицировал с вероятностью девяносто девять процентов. Это арахнотерис.

— Паука нужно поймать или убить. Давай варианты действий.

— Провести полную влажную дезинфекцию всего помещения лаборатории.

Это значит — угробить всю лабораторию, все электронные приборы. Крайний случай.

— Давай другие варианты.



— Для поймки паука мне нужно выйти в джунгли.  
Вот тупое создание!

— Мне не нужен паук из джунглей, мне нужен паук, бегающий сейчас по лаборатории.

— В джунглях я поймаю гусеницу фергенту. Ее любят есть пауки. Паук на нее нападет — я его поймаю. Можно поймать гусеницу хривейту. Ее тоже любят есть пауки...

— Арид, иди в джунгли. Лови там всё, что нужно.

— Команду понял, хозяин, иду в джунгли.

Я снова и снова прокручивал в мозгу инцидент с пауком. Меня не покидало ощущение, что в поведении Арида было что-то странное. Что? Ах да! Он был в режиме ожидания, а в момент нападения паука дернулся. Да и вообще, я же не давал команды на переход в активный режим, а он активировался — сам.

Когда Арид вернулся и положил на пол перед столом пятисантиметровую вонючую гусеницу, я снова удалился в пищеблок. Потом посмотрел в базе данных краткую справку по арахнотерису. При отсутствии лечения — летальный исход на вторые сутки. Характер поражения — нарушение работы мышечной системы. Первые признаки заболевания в виде судорог, головокружения, тошноты и кратковременных потерь сознания — через десять часов. Хреново!

Когда через час я снова зашел в лабораторию, Арид доложил: «Паук пойман, это арахнотерис». Я стал рассматривать изрядно помятого паука, помещенного в прозрачный контейнер, но неожиданно ощутил сзади какое-то движение и обернулся. Арид протягивал ко мне два манипулятора, в каждом из которых было зажато по пауку.

— Ты что — охренел? — заорал я.

— Вопрос не понял, хозяин, — бесстрастно сообщил робот.

— Прекрати немедленно!

Робот продолжал идти на меня, протягивая манипуляторы с пауками. Я отскочил в угол комнаты, схватил табуретку и врезал ему по клешням, раз, другой. Когда пауки выскользнули из захватов и ретировались в щели между приборными блоками, Арид замер.

Это как — робот не подчинился приказу?

— Ты что делаешь? — крикнул я.

— Помбюо-мэевжэджаа-юор-шлюхате.

Спокойно, спокойно! Роботу надо задавать очень конкретные вопросы.

— Что это за пауки? — переведя дыхание, спросил я.

— Труванеды.

Насколько я помнил, труванеды — это довольно редкий вид пауков, обнаруженный в бассейне Амазонки лет сорок назад.

— Они ядовиты?

— Да.

— Ты понимаешь, что они могли меня укусить?

— Да, хозяин.

— Ты хотел, чтобы они меня укусили?

— Да, хозяин.

Ничего себе! А как же первый закон? Робот анализирует каждое свое действие на предмет — а не опасно ли оно для человека. Это — закон!

— Какова цель твоих действий?

— Помбюо-мэевжэджаа-юор-шлюхате.

— Что? Что ты там бормочешь?!

— Помбюо-мэевжэджаа-юор-шлюхате.

Он явно сошел с ума! Первый пункт инструкции по эксплуатации автономных роботов гласит: «Если действия робота неадекватны ситуации, его нужно ограничить в подвижности, изолировать и сообщить дежурному куратору фирмы «Кибершелвуд». Если неадекватные действия робота представляют опасность для человека, то о происшествии нужно срочно

сообщить старшему куратору фирмы «Кибершелвуд». При необходимости произвести экстренное отключение». Экстренное отключение робота — это как выключение работающего компа путем выдергивания вилки из розетки.

— Арид, зайди в изоляционный блок, — строго скомандовал я.

— Понял, хозяин, иду в изоляционный блок.

Слава богу, пошел.

— Арид, отдыхай, — сказал я, посмотрев на него через окошко и заперев дверь.

Итак, робот переведен в ждущий режим. Да что толку, если он может из него самостоятельно выйти? А уж разнести пластиковую дверь блока робот сможет за секунды. Однако все пункты инструкции я выполнил.

По лаборатории, где теперь шастают два труванеда, придется ходить очень осторожно. Можно, конечно, надеть защитный костюм, хотя долго пребывать в этом чуде техники весьма неприятно, да и начавшая распухать перебинтованная нога вряд ли влезет в ботинок. Впрочем, если двигаться медленно и внимательно смотреть под ноги, серьезной опасности нет.

Тишину нарушил зуммер спутникового коммуникатора.

— Как твои дела? — спросил Георгий.

— Хреновее понемногу. У меня тут робот свихнулся.

— Это как?

— Пытался посадить на меня ядовитого паука. Признался, что нарочно. Иногда лопочет что-то невнятное. Приказу не подчинился... то есть не сразу подчинился.

— Ты в порядке?

— Да, ну, то есть от робота не пострадал.

— Куратору звонил?

— Собираюсь...

— Звони срочно! А паука классифицировали?

— Да, это арахнотерис, летальный — на вторые сутки.

— Наши погодогадатели обещают окончание дождей завтра утром. Мы успеем. Звони куратору.

Я все-таки посмотрел в базе данные по труванедам. Воздействие на мышцы, летальность — пятьдесят процентов.

Теперь набрал номер фирмы. Бодрый мужской голос:

— «Кибершелвуд». Олег. Чем могу быть полезен?

— У меня нештатное поведение робота «АРИД-четыре». Номер тринадцать-тридцать два. Компания «Фармацевтик-транс». Издает непонятные звуки и, главное, создает ситуации, опасные для моей жизни, не подчинился приказу.

— Что он конкретно сделал?

— Пытался посадить на меня ядовитого паука. Мы с ним в джунглях, на исследовательской станции. А еще он сам выхлудил из ждущего состояния, — нажаловался я.

— Вы не пострадали? — испуганно спросил Олег.

— Пока нет, — успокоил я его.

— Наверно, следует отключить робота. Вам нужно поговорить со старшим куратором. Подождите минутку.

Через три минуты, в течение которых мне дали прослушать попури из попсовых хитов, в трубке возник женский голос:

— Галина, старший куратор. Я в курсе ваших проблем. Но у меня есть несколько вопросов. Когда в последний раз проводилось регламентное тестирование робота?

— Пару месяцев назад.

— Дефектов в поведении не обнаружено?

— Насколько я помню — нет.

— А в момент, когда он выходил из режима ожидания, вам не могла угрожать какая-нибудь опасность?

— Да, меня в этот момент паук кусал.

— Тот, которого он на вас сажал?

— Нет, другой. Не знаю, откуда он взялся, дезинсекция в шлюзе работает исправно.

— Если робот «АРИД-четыре» видит опасность для человека, то он может самостоятельно выйти из ждущего режима, чтобы попытаться спасти.

— Да? Правда?

— Вы вообще инструкцию читали? Пункт 172-4а — помните? Там мелким шрифтом, — продолжила Галина с нарастающим раздражением.

Читал ли я мелкий шрифт? Они бы еще симпатическими чернилами написали!

— Инструкцию я читал, но содержание того пункта сейчас вспомнить не могу, — дипломатично ответил я.

— Вы установили, знал ли робот, что пауки, которых он на вас пытался сажать, — ядовиты?

— Да всё он знал! Он даже подтвердил, что хотел, чтобы они меня цапнули!

— Какому приказу робот не подчинился?

— Приказу остановиться.

— Вам в этот момент угрожала опасность?

— Так сам робот и угрожал, когда с пауками на меня пёр!

После трехсекундного молчания голос Галины едва не перешел в крик:

— Вам следует немедленно отключить робота, используя аварийный пульт!

— Вы мне это официально заявляете? Пакет с аварийным пультом опечатан.

— Наш разговор совершенно официален и записывается. Если при анализе данных «черного ящика» робота ваши показания будут подтверждены, то аварийное отключение робота будет признано правомерным.

— Насколько я помню, аварийное отключение приводит к порче накопленной информации, — блеснул я знанием инструкции, — нельзя ли это как-то... смягчить?

— При аварийном отключении полностью отключается и процессор движения, то есть включить его нельзя уже никак.

— А что еще плохого может произойти?

— Это зависит от нейронных связей, установленных между процессорами. Как правило, стираются файлы приобретенных навыков, то есть результат обучения. Но «черный ящик» уцелеет точно.

Файлы приобретенных навыков мне жаль, это ведь, по сути, личность робота. Это способность понимать некоторые сленговые выражения, нечаянно используемые мною при отдаче команд, накопленный опыт поведения в нестандартных ситуациях, типа того случая с трясиной. Но кто знает, какие идеи могут созреть в мозгах спятившего кибера?

— Но вы мне можете честно сказать: агрессия робота по отношению к человеку возможна? Были такие случаи? — спросил я.

Повисла пауза. Или связь оборвалась?

— Эй, вы слышали мой вопрос?! — прокричал я.

— Случаи были. Подробности вам знать не нужно. Действуйте в соответствии с инструкцией и моими указаниями. Быстрее!..

Итак, аварийное отключение. Я достал из внутреннего кармана ЗОДа красный пакет, сорвал печать, извлек синий блестящий прямоугольничек пульта. Прихрамывая на левую, изрядно распухшую ногу, заковылял к изоляционному блоку. Робот стоял лицом к внутреннему окну. Через окошко я медленно навел на Арида излучатель аварийного пульта и нажал красную кнопку. Индикаторы робота пугливо замигали и погасли. Всё. Теперь на станции я остался один. Работа полностью провалена, и мне остается ждать помощи с базы.

Последующие часы я провел в пищеблоке, вливая в себя разнообразные жидкости и иногда пробираясь через лабораторию в санузел. На джунгли спустились сумерки, дождь стал затихать. Чуть-чуть приободрил звонок с базы. Степан, сменивший Георгия, сообщил, что погода улучшается и завтра утром прилетит вертолет с бригадой медиков и комиссией по расследованию.

Когда настала тропическая ночь, на меня стала наваливаться сонливость. Пробираясь через лабораторию в направлении спальни, я вдруг ощутил неприятное подрагивание мышц и головокружение. Зашатавшись, сделал несколько неловких движений и наступил левой ногой на вонючую гусеницу. И присел на стул. Ну, началось!.. Посидел немного, кажется иногда впадая в полубморочное состояние. Потом кое-как встал и, слегка пошатываясь, побрел в спальню. Там плотно прикрыл за собой дверь.

Утром меня разбудил шум вертолета. Через несколько минут шум двигателей стих, и в помещение станции ввалились четверо. Один из визитеров оказался симпатичной девушкой, двое — работниками технической службы, а последний — моим знакомым энтомологом Володей.

Пока Володя занимался отловом злосчастных труванедов в лаборатории, техники готовили к транспортировке навечно замершего робота, а девушка Валя, уже идентифицированная мной как врач-токсиколог, начала знакомиться с моим состоянием здоровья. После серии уколов мне стало легче, и я даже вспомнил об ушибленном плече. Валя щедро намазала его каким-то пахучим снадобьем. К прилетевшему через пять часов вертолету со спасателями я вышел без посторонней помощи, Арида волокли техники.

По прибытии в Кодажас меня направили в госпиталь, где пришлось провести неделю, причем уже со второго дня меня навещали члены комиссии по расследованию, а с третьего — токсиколог Валя, с которой я успел подружиться еще в вертолете.

Комиссия долго и пристально изучала видеозаписи «черного ящика», извлеченного из робота. Было отчетливо видно, как робот протягивает ко мне манипуляторы с пауками. А вот арахнотериса в лабораторию припер, оказалось, я сам, в подмышке защитного костюма. Мои показания выслушали весьма доброжелательно.

Через пару дней после выписки, разговорившись в спортбаре с одним из членов комиссии, инспектором «Кибершелвуда» Дмитрием, я спросил:

— А чем может быть вызвана агрессия робота по отношению к человеку? Ведь расследования по таким случаям проводились.

— Разные причины. Был случай, когда один из участников экспедиции решил пошутить. На Хэллоин он принял хорошую дозу «ерша», напялил на голову тыкву и с воплями вбежал в палаточный лагерь. Робот классифицировал эту ситуацию как нападение неизвестного животного и применил электрошокер. Виновным в инциденте признали того шутника, а действия робота — мотивированными... В прошлом году,

в декабре, еще одно ЧП. У робота вышла из строя система распознавания человека, то есть люди в своем нормальном виде классифицировались им как неизвестные животные. В результате робот атаковал людей электрошокером и парализующими стрелами. Виновными признаны настройщики «Кибершелвуда».

— Но ведь система распознавания человека продублирована, — удивился я.

— Вот оба контура и вылетели, вроде вирус какой-то попал. Кстати, это был как раз робот типа «АРИД». Но самая грустная история приключилась в этом году. Заключил «АРГ-пять».

— Это геологический, что ли? Трехметровый бронированный амбал?

— Именно. Со всеми взрывными прибабасами.

— Ну и?

— Были человеческие жертвы, количество засекречено, но я слышал, что более десятка. И что самое поганое — выяснить причину так и не удалось.

— Не было расследования?

— Утихомиривать робота пришлось ракетой, военные очень старались, добились прямого попадания. Но проводить анализ действий АРГа по оплавленным кускам металла и кремния ни один эксперт не взялся. А было это, как бы не соврать... недели три назад.

— То-то они так переполошились.

— Ну да, на репутации фирмы такое пятно, а тут еще один случай, второй за месяц. Хорошо, что без жертв. Активисты ЗАРа могут опять забыть.

Я знал, что ЗАР — движение за запрет автономных роботов попортило немало крови менеджерам фирмы «Кибершелвуд». Все автономные роботы — самообучающиеся, то есть программа их действий может меняться в процессе работы на основе приобретенного опыта. Вот ЗАРовские юристы и доказывают, что робот, способный корректировать мотивацию своих действий, может представлять опасность для человека. Именно по настоянию ЗАРа был введен запрет на использование самообучающихся роботов в медицине.

Расследование моего случая продолжалось более двух недель. Результат: мои действия признали правильными ввиду немотивированной агрессии со стороны робота.

За день до вылета в Россию мы с Валею отправились на прогулку по Кодажасу. Через три часа беседа начала выдыхаться, стали повисать неловкие паузы.

— А ты быстро поправился, — вдруг удовлетворенно заметила Валя, облизывая мороженое. — Тебе даже не понадобился полный курс лечения. Знаешь, из чего делают эту сыворотку? — Она выдержала эффективную паузу. — Ее делают из яда кураре или яда труванедов.

— Что-о?

— Яд арахнотериса вызывает судорожное напряжение мышц, ну как при столбняке. А яд труванеда — напротив, расслабляет мышцы, как и кураре. Индейские лекари лечат укушенных арахнотерисом укусами труванедов. Тут главное — правильно дозировку подобрать, не переборщить. Обычно для нейтрализации укуса одного арахнотериса требуются укусы двух-трех труванедов.

— Откуда ты все это знаешь?

— А я на экскурсию летала в стойбище этих, ну как их... ироклюзов. С нами был гид-переводчик, такой эрудит. Он нам про их обычаи рассказывал, про быт и про то, как они лечатся... Ой, там такой прикол был! Гид этот поболтал о чем-то с ихним вождем, а потом ткнул в меня пальцем и брякнул: «Шлюха ты!» Потом оказалось, что он назвал меня лекарем, это у тех индейцев что-то вроде «шлюхате». А я на него чуть было не обиделась.



## ФАНТАСТИКА

Я задумался. Кажется, недавно я где-то слышал это звуко-сочетание — «шлюхате». Ну, точно! В той белиберде, которую нес свихнувшийся Арид. Он говорил о лечении. Значит, он хотел меня вылечить укусами труванедов? Но откуда робот мог узнать о таком методе лечения?

Вернувшись с прогулки, я связался с отделом программирования «Кибершелвуда».

— Я хотел бы узнать, была ли в базу данных робота АРИД-четыре, номер тринадцать-тридцать два, введена информация о способах лечения укусов ядовитых пауков?

— Сейчас проверю, но уверен, что нет, — ответил сотрудник, представившийся Николаем. — Использование автономных роботов для медицинских целей запрещено законом. Ни методы лечения, ни медицинскую терминологию мы не вводим.

— Сформулирую вопрос иначе. Мог ли робот как-нибудь узнать о способах лечения укусов в племени ироклюзов?

— В базу данных робота была введена информация о жизни ироклюзов. Там были файлы про охоту, строительство жилищ... могло быть в общей куче что-то и про лечение. Но это без подробностей, так, общие понятия.

— А язык ироклюзов робот знал?

— Ну, наверно, полсотни стандартных фраз. Знанием языка это считать нельзя. Вы понимаете, ознакомление с нравами местных племен — это такая формальность, да уже никто и не помнит, что там собрано, но я могу точно посмотреть... А что, он при встрече с индейцами что-то не так сказал? Какой номер, вы говорите? Ах, это тот, который под следствием?

Бедный Арид. Он не знал медицинской терминологии, даже слова «лекарь» в его лексиконе не нашлось, он пытался мне все объяснить на языке индейцев. Каким-то образом он допер своими электронными мозгами, что раз я укушен пауком, а аптечка отсутствует, то мне грозит опасность, и он хотел меня спасти... По законам робототехники действия по спасению человека имеют приоритет перед выполнением приказов человека. Пока в клешнях робота было «лекарство», он шел ко мне, пытаясь спасти, и, лишь потеряв пауков, — остановился. Немотивированная агрессия имела место, но не со стороны робота!

Я знаю, что роботы — это лишь машины, действующие по заданному алгоритму, что все их размышления — это построение логических цепочек, которые основаны на заданных причинно-следственных связях.

Это я знаю. Но одна мысль не дает мне покоя: что он подумал про меня за секунду до гибели?



Художник Н. Колпакова

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Иная планета

Открытие планет у других звезд придало поискам жизни новый импульс: теперь наряду с сигналами от «зеленых человечков» ищут планеты, на поверхности которых вода может существовать в жидком состоянии. Поскольку все обнаруженные экзопланеты находятся очень близко от своих звезд, основное внимание приковано к красным карликам: они излучают так мало энергии, что даже близко расположенная планета может оказаться достаточно холодной, чтобы ее океаны не испарились.

Год назад, казалось бы, подходящую планету нашли у звезды Gliese 581, которая расположена в двадцати световых годах от Солнца. Автор открытия, Стивен Фогт из Калифорнийского университета в Санта-Крузе, наряду с официальным названием Gliese 581g дал ей романтическое имя «Зармина». Увы, последующие измерения показали: скорее всего, Зарминой оказались какие-то шумы, планеты же такой нет вовсе. Тогда ученые обратились к уже отвергнутой планете Gliese 581d. Она в семь раз тяжелее Земли, энергии же получает в три раза меньше, при этом из-за приливных сил всегда повернута к звезде одной стороной подобно Меркурию, воплощая собой мир, придуманный Роджером Желязны в романе «Джек из теней». На одной ее стороне должно быть если не жарко, то тепло, а на другой — очень холодно. Какие уж тут жидкие океаны с жизнью.

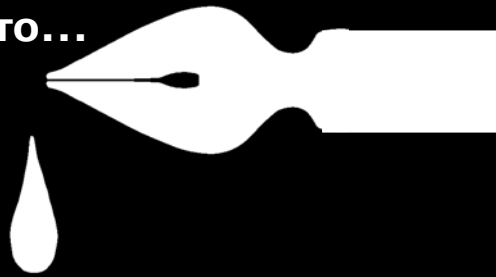
Но вот за дело взялись климатологи из парижского Института Пьера Симона Лапласа («The Astrophysical Journal Letters», 16 мая 2011) во главе с Робинот Уордсуортом. Они выяснили, что, будь у планеты толстая, насыщенная углекислым газом атмосфера, все может получиться не так уж и плохо. Ключевым фактором оказалось так называемое рэлеевское рассеяние света.

Суть его в том, что свет рассеивается на неоднородностях атмосферы и частично отражается обратно в космос. А чем меньше длина волны, тем меньшего масштаба неоднородности нужны для рассеяния, вероятность же их образования с падением размера быстро растет. То есть синий свет рассеивается гораздо лучше красного. Именно рэлеевским рассеянием вызван синий цвет неба на Земле. У красного карлика основная энергия содержится в красной области. Такой свет глубоко проникает в атмосферу и нагревает ее толщу. А в холодном верхнем слое конденсируются облака из кристаллов сухого льда. Поэтому нижние слои атмосферы Gliese 581d могут оказаться вполне теплыми, чтобы обеспечить океаны жидкой водой.

Конечно, это не Земля. И, появившись разумная жизнь там, под красным небом, покрытым плотной пеленой углекислых облаков, обитателям планеты будет нелегко вступить в космическую эру. Не имея возможности наблюдать звезды, без смены дня и ночи, очень трудно заподозрить существование других миров. Это уже получается не Желязны, а Стругацкие: Gliese 581d — типичная планета Саракш, «обитаемый остров», жители которого считали свой мир единственным во Вселенной.

С.Анофелес

Пишут, что...



...установка, которая начала работать в Тункинской долине, в 50 км от озера Байкал, в 2009 году, — одна из четырех в мире, где изучают космические лучи сверхвысоких энергий  $10^{15}$ — $10^{18}$  эВ («Известия РАН», серия физическая, 2011, т. 75, № 3, с. 396—399)...

...журнал «Scientific American» запустил программу «1,000 Scientists in 1,000 Days», цель которой — поиск ученых, готовых общаться с учителями и заниматься со старшеклассниками («Nature», 2011, т.473, № 7346, с. 123, <http://www.scientificamerican.com>, «Calling all scientists»)...

...предложена концепция территориальной справедливости, согласно которой уровень благосостояния человека не должен зависеть от места его проживания («География и природные ресурсы», 2011, № 1, с. 5—13)...

...эффективный метод выявления мутаций, ответственных за расстройства аутистического спектра, — сравнение кодирующих участков генома у больного и его родителей, поскольку такие мутации часто возникают de novo («Nature Genetics», онлайн-публикация 15 мая 2011 года, doi:10.1038/ng.835)...

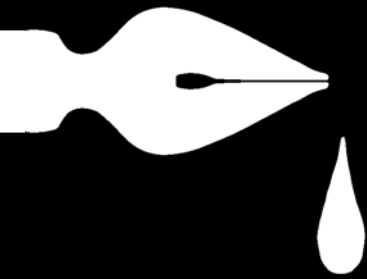
...результаты стандартных тестов на интеллект для людей с низким IQ бывают весьма неточными, и это может стать причиной судебных ошибок, например, когда речь идет о смягчении приговора при слабоумии («New Scientist», 2011, № 2812, с. 4)...

...разработан новый алгоритм биоинформатического поиска потенциальных сыровоточных маркеров опухолей, позволивший обнаружить семь таких маркеров опухолей толстой кишки («Молекулярная биология», 2011, т. 45, № 2, 2011, с. 376—381)...

...почвенная бактерия *Vacillus cereus* — близкий родственник микроба, который вызывает сибирскую язву, — содержит два набора генов, кодирующих ее защитную оболочку; достаточно вывести из строя один из них, и бактерия лишается своих вредоносных качеств («Molecular Microbiology», doi:10.1111/j.1365-2958.2011.07582.x/2011)...

...пресноводная водоросль хлорелла — высокопродуктивный источник крахмала — может заменить наземные растения в производстве биоэтанола; для ее разведе-





дения пригодны фотобиореакторы, где из органических отходов извлекается необходимый для фотосинтеза углекислый газ («Biotechnology and Bioengineering», 2011, т. 108, № 4, с. 766—776)...

...клетки в культуре способны прикрепляться к тефлону («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2011, т. 108, № 20, с. 8162—8166)...

...реальное распространение особенностей в диалектах косаток на Камчатке противоречит общепринятой гипотезе эволюции диалектов посредством накопления случайных ошибок: репертуар звуков передается не только «по вертикали» от матери к детенышу, но и «по горизонтали» — между взрослыми особями («Зоологический журнал», 2011, т. 90, № 3, с. 360—367)...

...высокое содержание в молоке коров черно-пестрой породы фракции иммуноглобулинов снижает его ценность как культуральной среды при производстве кисломолочных продуктов («Доклады РАСХН», 2011, № 2, с. 37—39)...

...в Мурманской области, большая часть территории которой расположена севернее Полярного круга, встречаются 19 видов семейства орхидных («Ботанический журнал», 2011, т. 96, № 3, с. 396—411)...

...в зонах, загрязненных ракетным топливом и отходами химического производства, у яков в разы увеличивается частота заболеваний сердечно-сосудистой системы, печени и желудочно-кишечного тракта, а также нарушений обмена веществ («Сельскохозяйственная биология», 2011, № 2, с. 116—118)...

...перспективный инструмент молекулярной биологии и медицины — «верблюжья нанопантела», или фрагменты особых антител, встречающихся у верблюдов и хрящевых рыб («Молекулярная биология», 2011, т. 45, № 1, с. 77—85)...

...в ряду поколений династии Романовых в многодетных семьях наблюдалось последовательное рождение трех — пяти девочек подряд («Вавиловский журнал генетики и селекции», 2011, т. 15, № 1, с. 56—65)...

...как показало тестирование, 7,41% российских испытуемых страдают от гелотофобии — страха выглядеть смешным («Психологический журнал», 2011, т. 32, № 2, с. 94—108)...

Художник С. Дергачев



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Сила сетевого слова

«Не ходите, дети, в Африку гулять: в Африке акулы, в Африке гориллы, в Африке большие злые крокодилы», — предупреждал сто лет назад Корней Чуковский любителей дальних странствий. Оказывается, это предупреждение можно распространить и на виртуальных путешественников. Причем опасность представляют вовсе не сайты, пропагандирующие аморальный образ жизни, и не ловушки для любителей расплачиваться за товары банковской карточкой. Злые крокодилы могут скрываться на безобидных страничках, описывающих способы коррекции фигуры. В этом убедились исследователи из Пенсильванского университета в Индиане (агентство «NewsWise», 12 мая 2011 года) под руководством профессора Дэвида Ла Порты.

Из числа добровольцев ученые выбрали 78 студенток с нормальным соотношением веса к росту, которые к тому же никогда не страдали нарушениями питания. Их разбили на три группы. Одним в течение 90 минут показывали сайты, посвященные здоровому образу жизни, другим — сайты о путешествиях, а третьим — сайты, которые пропагандируют ограничение в пище, с тем чтобы обрести необычайную стройность и осиную талию. Затем участницы эксперимента должны были вести дневник наблюдений, в который записывали все съеденное и выпитое в течение дня.

Как оказалось, полуторачасовое исследование содержания сайтов, посвященных сверхстройности, очень сильно меняло поведение. Недельное потребление калорий у членов этой группы упало почти на четверть, с 12,2 до 9,7 тыс. калорий. И такой эффект наблюдался в течение трех недель! При этом у трети сетевые «крокодилы» отъели 4 тыс. калорий. Это больше, чем нормальное ежедневное потребление. Фактически девушки один день в неделю голодали, причем без всякой причины — вес-то у них изначально был в норме. Такое сокращение калорийности пищи — уже прямой путь к анорексии, катастрофическому похудению, вызванному сдвигами в психике. Нелишне напомнить и о том, что организм резкие колебания рациона не одобряет: дорвавшись до пищи после голода, он способен сделать запасы на черный день в виде жировой прослойки и крайне неохотно потом с ней расстается.

«Если всего полтора часа изучения этих сайтов привело к такому эффекту, что же говорить о тех подростках, которые часами изучают подобную литературу?» — задает риторический вопрос профессор Ла Порта.

По окончании эксперимента со всеми его участницами побеседовали психологи, чтобы устранить долговременные последствия столь опасного дела, как изучение сайтов в Сети.

А. Мотыляев

# Во что одеты дороги



«Если встанет, до неба достанет» — так в детской считалке говорится о дороге, которая «бежит, бежит и не кончается и в даль зовет». Дорога — это и скоростная автомагистраль с летящими по ней ровными рядами автомобилями. И сонная деревенская улочка, мощенная булыжником, по которой деловито расхаживают куры и лишь изредка, натужно гудя, проедет старый грузовик, доверху нагруженный сеном, или промчится мотоцикл, поднимая тучи пыли. И шумная нарядная улица в самом центре Москвы, покрытая цветной тротуарной плиткой и отданная пешеходам. И взлетная полоса аэродрома, выложенная прочными железобетонными плитами, которые несут на себе тяжеловесную технику. Выбор дорожного покрытия, «одежды» для дороги, определяется ее назначением. Главные требования — прочность, долговечность, водонепроницаемость, хорошее сцепление с колесами.

*Н.С. МАКСИМОВОЙ, Санкт-Петербург: Мягкое стекло для лэмпворка, или поделок из стекла, — натрий-калий-силикатное; твердое боросиликатное стекло, оно же «боро», содержит оксид бора — кстати, термостойкую химическую посуду тоже делают из боросиликатного стекла.*

*И.В. ПАРИНУ, Барнаул: Самый простой способ защитить металлическую пластину от ржавчины — покрыть ее тонким слоем лака (цанонлака или аналогичного); изделие нужно предварительно обезжирить 15%-ным раствором серной кислоты.*

*В.Е. СТЕПАНОВОЙ, Владимир: Пробиотики — это препараты неопасных для человека бактерий, которые подавляют развитие патогенов, а пребиотики — компоненты пищи, стимулирующие развитие полезной микрофлоры, например инулин, лактулоза.*

*М.Н. БЕРЕЗИНУ, Новосибирск: Перилловое масло получают из семян растений рода *Perilla*, принадлежащих к тому же семейству, что и нежгучая крапива яснотка; масло высыхает быстрее, чем льняное, и богато омега-3-ненасыщенными жирными кислотами.*

*А.В. БАРМА, Москва: Отработанные ртутные лампы и люминесцентные трубки по закону относятся к отходам первого класса опасности, так что ни о какой их самостоятельной утилизации не может быть и речи.*

*Л.А. МЕЛЬНИКУ, Калининград: Золото входит в список разрешенных пищевых добавок, его код E175; случаи аллергии на золото известны, но весьма редки; в бутылке ликера «Гольдвассер» содержатся десятые доли грамма этого металла, так что вред здоровью при передозировке скорее произойдет от этилового спирта.*

*А.Ш., Москва: Вы можете считать Википедию «помойкой», однако есть и другие мнения — например, что эту сетевую энциклопедию следует включить в список шедевров нематериального культурного наследия человечества, составляемый ЮНЕСКО ([http://wikipedia.de/wke/Main\\_Page](http://wikipedia.de/wke/Main_Page)).*

*ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: Если у вашего подписного агентства возникли непреодолимые проблемы (например, из-за национального финансового кризиса), не забывайте, что вы можете бесплатно получить электронную версию, написав нам по адресу [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru).*

Знаменитые дороги Древнего Рима, построенные более двух тысяч лет назад, частично сохранились в хорошем состоянии до наших дней. Одна из них — Аппиева дорога — эксплуатируется и сегодня. Римская дорога — это несколько слоев бетона, уложенных на каменное основание, с верхним покрытием из хорошо утрамбованного гравия. Толщина такого многослойного сооружения достигала двух метров. Римский бетон изготавливался непосредственно на месте работ; в его состав входила известь, которая благодаря большей растяжимости по сравнению с современным порландцементом дает бетоны повышенной трещиностойкости. Однако в более поздний период империи римляне почти прекратили строить дороги с применением бетона из-за его растрескивания. О бетоне забыли почти на тысячу лет. Интересно, что римлянам был известен и природный асфальт, но они не использовали его для строительства дорог, а обмазывали им стены и дно бассейнов.

Не менее интересны «белые дороги» индейцев майя, названные так потому, что их края выложены белыми известняковыми плитами. Покрывают они плотно укатанными галькой и щебнем. Дороги майя, соединявшие крупные города, — широкие и ровные, без спусков и подъемов, так как строили их методом выравнивания грунта — с насыпями и срезами. До прихода европейцев они были пешеходными, ведь колесного транспорта майя не имели.

На Руси первые «одетые» дороги были деревянными. Их мостили плотно пригнанными друг к другу бревнами. В начале XVIII века улицы Москвы начали «одеваться» в камень. В 1722 году была открыта дорога из Петербурга в Москву, вымощенная гравием.

Современные российские автомобильные дороги в большинстве своем покрыты асфальтобетоном, который часто называют просто асфальтом, что не совсем верно. Асфальтобетон — это искусственный материал, представляющий собой затвердевшую двухкомпонентную смесь. Ее минеральная составляющая — щебень, гравий и песок. Вторая, органическая — разного рода битумы (от лат. bitumen — нефть, смола). Природные битумы — асфальты, озокериты, маальты — это производные нефти, образующиеся в результате окисления и испарения ее легких фракций. Искусственные битумы, которые используются при производстве асфальтобетона, получают как остаточный продукт при переработке нефти, угля и горючих сланцев.

Асфальт (от греч. асфальтос — горная смола) — твердое или полутвердое легкоплавкое вязкое вещество черного или темно-коричневого цвета. Ископаемый асфальт заполняет трещины в известняках и доломитах, пропитывает песчаники. Иногда могут образовываться асфальтовые «озера» площадью до нескольких десятков гектаров и глубиной до десяти метров. Обычно они располагаются над разрушающимися нефтяными месторождениями (то есть самостоятельно истекающими нефтью), которые и подпитывают снизу асфальтовую залежь. Самое известное «озеро» из асфальта Пич-Лейк площадью 45 гектаров находится на острове Тринидад. По его поверхности можно ходить даже в жаркий день. Но уже на метровой глубине асфальт находится в размягченном состоянии и похож на густой деготь.



## МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

Где впервые дороги примерили новую «одежду» — асфальтобетон? Конечно, в Париже — главном законодателе мод. Здесь в 30-е годы XIX века появились тротуары, в покрытии которых был использован природный асфальт. Не осталась от Франции и Россия. В 1839 году в Петербурге целых 100 метров тротуара были заасфальтированы. В 1873 году недалеко от города Сызрани открылся завод по производству отечественного асфальтобетона. В 1876 году обрела новое покрытие на радость горожанам Тверская улица в Москве.

Производство асфальтобетона с искусственными битумами началось в конце XIX века в США. С тех пор асфальтобетон уверенно завоевывает дороги мира. Он достаточно прочен, водонепроницаем, шероховат, быстро твердеет, легко укатывается, относительно беспылен и бесшумен (вспомним дороги из бревен!). Асфальтированная дорога выглядит опрятно и эстетично, на ней хорошо держится разметка. Если часть битума в асфальтобетоне замещается природным асфальтом, дорожное покрытие становится более прочным. Так называемый

Тринидад-асфальт — асфальтобетон, содержащий 3,5% искусственных битумов и 1,5% асфальта, добытого из озера Пич-Лейк, используется за рубежом при строительстве некоторых дорог, аэродромов, гоночных трасс «Формулы 1».

Какой бы прочной и выносливой ни была асфальтированная дорога, верхнее покрытие постепенно изнашивается, истирается, на нем появляются трещины, продавливаются колея. Как продлить жизнь асфальтобетону? Об этом в следующем раз.

**М. Демина**

16-я международная выставка  
химической промышленности и науки

24–27 октября

**Х И М И Я**



ufi  
Approved  
Event



**2011**

Центральный  
выставочный  
комплекс  
«Экспоцентр»  
Россия, Москва

Организатор:  
**ЗАО «Экспоцентр»**

При содействии:

**ОАО «НИИТЭХИМ»**

При поддержке:

- Министерства промышленности  
и торговли РФ

- Российского Союза химиков

- РХО им. Менделеева

ЗАО «Экспоцентр»  
123100, Россия, Москва,  
Краснопресненская наб., 14  
Тел.: (499) 795-37-94, 795-39-99  
E-mail: [chemica@expocentr.ru](mailto:chemica@expocentr.ru)  
[www.chemistry-expo.ru](http://www.chemistry-expo.ru)



**ЭКСПОЦЕНТР**  
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ  
МОСКВА

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >