



Ж

11  
2010

Н  
З  
Ж  
И  
В  
И  
М  
И  
Х







Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег. Эл № 77-8479

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**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 8.11.2010

**Адрес редакции:**  
05005 Москва, Лефортовский пер. 8

**Телефон для справок:**  
8 (499) 267-54-18  
**e-mail:** redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:  
<http://www.hij.ru>;  
<http://www.informnauka.ru>

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Гордона Вебе. Вода —  
источник жизни, а лед оказался  
источником алмазов. Об этом  
читайте в статье «Алмазы  
во льдах».

*Ученые произошли  
от студентов*

*Александр  
Петрович-Сыров*

# Содержание

**Событие**

ЧЕТЫРЕ МИЛЛИОНА ЖИЗНЕЙ... Е.В.Клещенко .....	2
ФИЗИКА В ТОНЧАЙШЕМ ЛИСТЕ. С.М.Комаров .....	5
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ В.В.Благутина .....	10

**Технологии**

СТРУКТУРНАЯ ОКРАСКА. Г.Е.Кричевский .....	13
---	----

**Эксперимент**

АЛМАЗЫ ВО ЛЬДАХ. С.Анофелес .....	16
-----------------------------------	----

**Вещи и вещества**

ДУША ВКУСА. Р.Акасов .....	22
----------------------------	----

**Проблемы и методы науки**

МОРСКИЕ ЯДЫ. В.Благутина .....	26
--------------------------------	----

**История современности**

МАСТЕР И СЕРДЦЕ. В.В.Александрин .....	28
ВОЛЬНЫЕ СЫНЫ ВСЕМИРНОГО ЭФИРА. М.В.Кожевников .....	36

**Проблемы и методы науки**

РАСШИРЕННЫЙ ФЕНОТИП. Ричард Докинз .....	40
--	----

**Наша книжная полка**

МЕЖДУ УШАМИ. Е.Лясота .....	46
УКРАЛИ ПЕРЕВОД. З.Гельман .....	47

**Вещи и вещества**

КОШМАР ЮВЕЛИРА. М.Ю.Корнилов .....	49
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МИНЕРАЛЫ. И.А.Леенсон .....	50

**Что мы едим**

ФИСТАШКИ. Н.Ручкина .....	54
---------------------------	----

**Фантастика**

ЭФФЕКТ МЕЖДУНАРОДНОСТИ. Ринат Газизов .....	56
---	----

**Материалы нашего мира**

ПОХВАЛА ЦВЕТНОМУ СТЕКЛУ. М.Демина .....	64
---	----

ИНФОРМАЦИЯ	9, 35, 53	КНИГИ	48
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	20	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ВОПРОСЫ-ОТВЕТЫ	32	ПИШУТ, ЧТО...	62
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	34	ПЕРЕПИСКА	64

# Четыре миллиона жизней

Е.В.Клещенко

*Нобелевскую премию по физиологии и медицине 2010 года получил Роберт Джеффри Эдвардс (Великобритания), почетный профессор Кембриджского университета, за создание технологии экстракорпорального оплодотворения (ЭКО, или IVF — in vitro fertilization).*

## Зачатие под микроскопом

Сразу после присуждения премий сайт Нобелевского комитета предоставил посетителям возможность поздравить лауреатов. Эдвардсу часто писали вместо «поздравляю» — «спасибо». Для четырех миллионов людей, появившихся на свет благодаря ЭКО, польза, которую принесло это открытие, очевидна. Но не все человечество с ними согласно. Решение Нобелевского комитета осудили все крупнейшие христианские конфессии. Заместитель главы Отдела внешних церковных связей Русской православной церкви протоиерей Николай Балашов заявил, что «все те методы экстракорпорального оплодотворения, которые связаны с заготовлением и последующим уничтожением так называемых избыточных эмбрионов», с точки зрения церкви неприемлемы. Кроме того, церковь осуждает суррогатное материнство, высказывая опасения (к сожалению, небезосновательные), что эта практика может приводить к конфликтам и психологическим травмам.

О методе ЭКО мы писали не раз (см., например, статью М.Б.Аншиной в «Химии и жизни», 2009, № 7). Но теперь начнем с истории вопроса. Двадцать пятого июля 1978 года на свет появилась первая «девочка из пробирки», Луиза Джой Браун, дочь супружеской пары с девятилетней историей бесплодия. В том же году журнал «Ланцет» опубликовал короткое сообщение авторов работы — акушера-гинеколога Патрика Стептоу (Steppeo) и эмбриолога Роберта Эдвардса. (Стептоу не дождался Нобелевской премии, его не стало в 1988 году.)

У матери Луизы, тридцатилетней Лесли Браун, была непроходимость фаллопиевых труб — заболевание, при котором беременность без хирургического вмешательства считалась невозможной. Именно по фаллопиевым трубам зрелая яйцеклетка попадает из яичника в матку, а этому препятствуют спайки в трубах, возникающие, например, после инфекции. Другие причины бесплодия — эндометриоз, патологии развития матки, нарушения овуляции, то есть выхода яйцеклетки из яичника, — тоже мешают яйцеклетке встретиться со сперматозоидом. «Свидание» может сорваться и по вине мужчины — например, если сперматозоидов мало или их подвижность ограничена. Наступление беременности — сложный процесс, контролируемый многими факторами, от иммунологических и гормональных до чисто механических, как при «трубном» бесплодии. Но никто до Роберта Эдвардса не решался всерьез рассуждать о том, чтобы поставить этот процесс под контроль врача, в прямом и в переносном смысле взяв его в свои руки. У Эдвардса эта идея возникла в 50-е годы XX века: извлечь яйцеклетку из организма женщины, провести оплодотворение в искусственных условиях и затем вернуть обратно зародыш для нормального продолжения беременности.



Express/Getty Images

*Луиза Браун с родителями. 18 октября 1979 года*

Оплодотворение in vitro и трансплантация эмбрионов уже были отработаны в экспериментах на животных, а после войны начали активно использоваться в прикладном животноводстве. (Подробнее об этом см. «Химию и жизнь», 2008, № 10.) Еще в 1890 году профессор Кембриджского университета Уолтер Хип перенес два эмбриона от ангорской крольчихи в матку крольчихи породы «бельгийский чемпион», и через месяц та родила двух ангорских крольчат вместе с четырьмя «родными» детьми — это был первый случай суррогатного материнства. Грегори Пинкус (США) в 1929 году получил от крольчихи с помощью гормональной стимуляции сразу полсотни яйцеклеток, но лишь в 1935 году добился их созревания вне организма. В 1959 году Мин Чу Чанг провел оплодотворение кроличьей яйцеклетки «в пробирке» (на самом деле это делается в плоских стеклянных чашках, но с легкой руки журналистов «пробирка» закрепилась в языке), получил эмбрионы и поместил их в матку крольчихи, которая благополучно родила крольчат. Сам Эдвардс в 50-е годы выполнил блестящие исследования на мышах и много узнал о том, как гормоны управляют созреванием яйцеклеток.

## Дети из чашки Петри

Путь от четвероногих млекопитающих к людям получился долгим, препятствия возникали на каждом шагу. Несколько лет ушло на то, чтобы «научить» человеческие яйцеклетки созреть в культуре. Не сразу удалось и оплодотворение — сперматозоиды тоже оказались капризными и требовали особой буферной среды. Оплодотворенная же яйцеклетка отказывалась делиться более одного раза. Тогда Эдвардс решил отказаться от выращивания яйцеклетки в культуре, а извлекать ее из яичника в момент созревания — пусть она как можно больше времени проведет в естественных условиях. Для этого идеально подходил новый метод, который в гинекологию привнес Патрик Стептоу, — лапароскопия, то есть операция на внутренних органах (в данном случае на яичнике) через небольшой,

около сантиметра, разрез под контролем специальной оптики. Эдвардс связался со Стептоу, и в 1970 году они успешно получили и оплодотворили яйцеклетку.

Здесь мы подходим к вопросу о гормональной стимуляции, важному не только с медицинской, но и с этической точки зрения. «Подгадать» естественный выход яйцеклетки у пациентки не так просто: здесь нужна точность до часов, а происходит это счастливое событие чаще всего ночью. Гормональная стимуляция позволит планировать время, да к тому же получить несколько яйцеклеток за один раз. Это дает возможность подсадить женщине несколько зародышей одновременно, что повышает вероятность наступления беременности. С другой стороны, слишком много эмбрионов подсаживать нельзя, поэтому какие-то из них остаются невостребованными. Именно этот этап не устраивает верующих, но данная моральная проблема снимается, если делать ЭКО в естественном цикле. Это будет сложнее, дороже и, вполне возможно, удастся не с первого раза, зато никакого убийства нерожденных детей.

Проблемы у первопроходцев на этом не закончились. Оплодотворенная яйцеклетка благополучно прикреплялась к стенке матки, беременность наступала, но прерывалась на ранних стадиях. Наконец стало ясно, что причина — гормональная стимуляция: из-за нее беременность не протекала как полагается. (Позднее разработали протоколы щадящей стимуляции, и сейчас ее применяют в большинстве случаев.)

Неудач в общей сложности было более сотни. И за каждой неудачей — несбывшаяся надежда на материнство. В «пост-нобелевских» интервью коллеги Эдвардса (самому ему сейчас 85 лет, и он практически не общается с прессой) отмечают его увлеченность идеей ЭКО, упорство и оптимизм. Но отсюда не следует, что он думал только о науке и не интересовался нравственной стороной вопроса. Именно тогда он в соавторстве с юристом Дэвидом Шарпи опубликовал статью по материалам дискуссий о социальных и юридических последствиях новых репродуктивных технологий (R.G.Edwards, D.J.Sharpe, «Social values and research in human embryology», «Nature», 1971, т. 231, 87—91). Споры вокруг ЭКО (еще не реализованного на практике!) привели к тому, что в том же 1971 году британский Медицинский исследовательский совет отказал Эдвардсу и Стептоу в финансировании. Дальнейшие работы они выполняли благодаря частным пожертвованиям.

От гормональной стимуляции Эдвард и Стептоу в итоге отказались и стали поджидать овуляцию в естественном цикле, чтобы повысить шансы на успешную беременность. Это был последний крупный шаг к успеху: в итоге на свет появилась Луиза Браун. Матери из-за проблем со здоровьем делали плановое кесарево сечение, и вес девочки был небольшим, всего 2700 г. Но в дальнейшем ее развитие протекало нормально. Сейчас Луизе 32 года, она замужем, и в 2006 году у нее родился сын, зачатый обыкновенным способом. Сестра Луизы Натали, на четыре года младше ее и тоже ЭКО-дитя, также стала мамой.

После триумфа 1978 года Эдвардс и Стептоу основали клинику бесплодия в Бурн Холле (Кембридж, Великобритания). В 1986 году там родился тысячный «ребенок из пробирки», и еще примерно 1000 ЭКО-детей появилось во всем мире. А первую такую операцию в России провел профессор Б.В.Леонов из московского Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии РАМН в 1986 году: на свет появилась Алена Донцова, ныне проживающая в Севастополе. Сегодня «дети из пробирки» и в России уже никого не удивляют, хотя общедоступной эту технологию назвать нельзя.

## Чудеса, курьезы, казусы...

А вот новые приложения базовой технологии продолжают удивлять и 30 лет спустя. В медицинских новостных лентах по-прежнему лидируют сообщения вроде «появился на свет 20-летний младенец», «американка родила восьмерых близнецов», «в Великобритании родился первый трансгенный ребенок»... Все это — результаты работы Эдвардса и Стептоу.



## СОБЫТИЕ

За это время ЭКО стало более совершенным и безопасным. Яйцеклетку научились извлекать без лапароскопии. Для борьбы с мужским бесплодием придумали метод ИКСИ (от англ. ICSI, intracytoplasmic sperm injection): при низком качестве спермы мужскую половую клетку можно ввести в яйцеклетку «вручную». «Лишние» эмбрионы стали сохранять, чтобы при неудаче повторить попытку в следующем цикле. Частота наступления беременности при использовании замороженных эмбрионов — такая же, как при обычном ЭКО: 20—30%. Эмбрионы и половые клетки сохраняют и в самых печальных случаях: например, если кому-то из родителей предстоит химио- или лучевая терапия рака либо работа, связанная с риском облучения. А 30 сентября 2010 года на сайте журнал Американского общества репродуктивной медицины «Fertility and sterility» (<http://www.fertstert.org/>) появилось онлайн-сообщение о том, что в США родился ребенок, зачатый в 1990 году. (Родила не та женщина, которая была донором яйцеклетки.) Двадцать лет — пока рекордный срок хранения эмбриона, но и он кажется фантастическим.

Сегодня матерью может стать женщина, у которой нет яичника, — для этого понадобится донорская яйцеклетка, а затем беременность пойдет как обычно. Если же в яичнике пациентки есть запас яйцеклеток, но она не может выносить беременность и родить сама, например, из-за патологий матки или сердечного заболевания — можно прибегнуть к услугам суррогатных матерей. Первый ребенок, выношенный не той женщиной, которой принадлежала яйцеклетка, родился в 1984 году.

Здесь снова начинаются этические и юридические проблемы. С одной стороны, ограничения суррогатного материнства лишают кого-то возможности обзавестись детьми. С другой — коммерческие отношения с женщиной, вынашивающей ребенка «заказчицы», не должны перерасти в эксплуатацию. Беременность — нагрузка на организм, да и психологические травмы весьма вероятны. Достаточно вспомнить американское «дело о Бэби М». В 1986 году Мэри Бет Уайтхед, заключившая контракт с супругами Уильямом и Элизабет Стерн и оплодотворенная спермой мужа, родила девочку — и отказалась отдавать ее клиентам. После суда девочка осталась со Стернами и позднее всегда говорила в интервью, что считает их своими родителями и любит. В 2004 году, когда ей исполнилось 18, Мелисса Стерн формально «разорвала отношения» со своей биологической матерью и прошла процедуру удочерения. Сейчас она учится в аспирантуре лондонского Королевского колледжа, и ее диссертация посвящена проблемам современного законодательства в области суррогатного материнства. Мэри Уайтхед написала книгу, в которой рассказала свою историю, а художественный телефильм о ее печальной судьбе получил премию «Эмми» 1988 года.

## Бывают ли эмбрионы лишними

Подобные трагические случаи время от времени повторяются, и вряд ли можно полностью предотвратить их с помощью юридических мер. Так что позицию христиан по поводу суррогатного материнства нельзя назвать совсем уж необоснованной. Эту проблему решит окончательно разве что «искусственная матка» — работы над созданием такого органа ведутся, например, в Корнеллском и Токийском университетах. Что

касается уничтожения эмбрионов — можно спорить (и многие спорят), следует ли считать зачатием момент слияния яйцеклетки и сперматозоида или же, как принято в акушерстве, имплантацию зародыша в стенку матки, и заслуживает ли зародыш в чашке Петри такого же трепетного отношения, как и эмбрион, соединенный с матерью. А можно не заниматься казустикой, а продолжать совершенствовать метод — например, оптимизировать получение яйцеклетки в естественном цикле и повысить эффективность имплантации хотя бы до 90%. Тогда в «запасных» зародышах просто не будет нужды и главный камень преткновения исчезнет. Было бы неплохо, если бы подобную работу профинансировала какая-нибудь религиозная организация, но это уже из области несбыточных мечтаний. Пока что «Основы социальной концепции», принятые Архиерейским собором Русской православной церкви 2000 года, однозначно приравнивают ЭКО, связанное с разрушением эмбрионов, к греху аборта.

От православных противников ЭКО можно услышать еще один, чисто богословский аргумент: если душу человека творит Бог, а родители дают лишь тело, пожелает ли Господь наделять душу эмбрион, полученный путем лабораторных манипуляций? К счастью, с ними согласны даже не все единоверцы. Вот как писал об этом о. Андрей Кураев (см. «Химию и жизнь», 2002, № 7): «Поскольку это вопрос о воле Бога — заранее ответа быть не может. И весьма дерзким является поступок некоего священника, отказавшегося крестить младенца, о котором родители сказали, что он был “зачат в пробирке”». Сходного мнения придерживаются и другие духовные лица, в том числе менее «вольномысленные», чем Кураев. Да и длительные наблюдения за ЭКО-людьми, многие из которых уже сами стали родителями, не выявляют отсутствия души.

Есть вопрос, который одинаково важен и для верующих, и для атеистов: безопасно ли ЭКО для здоровья детей, зачатых таким образом? Судя по статистическим данным за тридцать лет, «дети из пробирки» в целом здоровы и ничем особенным не отличаются от «контроля». Правда, согласно данным американских исследователей, опубликованным в 2008 году, у ЭКО-детей повышена вероятность таких пороков развития, как заячья губа, дефекты сердечной перегородки. (Заметим, что сами эти патологии достаточно редки, поэтому и повышение, что называется, без лупы не увидишь.) Есть ли тут причинно-следственная связь с ЭКО, пока неясно.

Нет такого достижения науки, которое человек не мог бы употребить неправильно, и ЭКО — не исключение. Вероятно, читатели помнят скандальную знаменитую «октомаму» — американку Надю Сулейман, которая 26 января 2009 года родила восьмерых ЭКО-близнецов: шестерых мальчиков и двух девочек. При рождении вес детей составлял от 800 до 1400 г. Медицинское управление штата Калифорния проводило расследование: как подобное могло случиться, ведь вообще-то врачи не рекомендуют подсаживать более двух-трех эмбрионов? Сама «октомама» заявляла, что шесть эмбрионов сохранились от ее предыдущих ЭКО (у эксцентричной Нади, помимо восьмерых близнецов, есть еще шестеро старших детей, и все «из пробирки»). Она настаивала, чтобы доктор Майкл Камрава (член Американского общества репродуктивной медицины, ныне исключенный из-за истории с Надей и некоторых других подобных историй) использовал их все. В таких случаях положено отправлять пациентку на психиатрическое освидетельствование, но Майкл Камрава этого не сделал. Затем якобы два эмбриона разделились, дав идентичных близнецов, вот и получилось восемь. Все бы хорошо, но только анализ ДНК восьмерняшек показал, что среди них нет ни одной пары идентичных, а значит, подсажено было не шесть эмбрионов. И в самом деле, расследование показало, что их было двенадцать. По-видимому, пациентка и врач сознательно «шли на рекорд». Не уничтожать эмбрионы, конечно, хорошо, а вот рисковать здоровьем нерожденных детей, устраивая супермногоплодную беременность... Прав был Эдвардс: этическая и правовая стороны вопроса нуждались в серьезной проработке сорок лет назад и нуждаются до сих пор. А пока что близ-

нецы подрастают, их мама получает гонорары за интервью и фотосессии, а в Калифорнии продолжаются слушания по делу о лишении Камрава врачебной лицензии.

## Самая ранняя диагностика

Теперь расскажем о хорошем. Коль скоро эмбрион все равно находится вне организма, неплохо бы его исследовать. На ранних стадиях развития из зародыша можно изъять одну клетку, а при современных ДНК-технологиях этого достаточно, чтобы не только увидеть хромосомную аномалию, но и определить наличие или отсутствие мутантного гена.

Напомним, что все гены в каждой клетке человека представлены двумя экземплярами, а в каждую яйцеклетку или сперматозоид попадает один из двух. У многих носителей «опасных» генов только одна копия связана с болезнью, другая нормальная. Это означает, что вероятность передать ребенку ген предрасположенности — 50%.

В начале января 2010 года российские сайты, посвященные материнству, выдали сенсационное сообщение: «В Великобритании родилась генно-модифицированная девочка!» На самом деле новорожденная — обычная «девочка из пробирки». Но данный случай интересен тем, что зародыши прошли генетическое тестирование, которое гарантировало отсутствие гена BRCA1. Этот ген, повышающий риск развития некоторых видов рака, в первую очередь рака груди, был у матери девочки. А дочери «генетическое проклятье» по наследству не перешло.

Исследователи из Лондонского медицинского колледжа (Институт женского здоровья) провели экстракорпоральное оплодотворение ее яйцеклеток и культивировали зародыши в течение трех дней. Затем взяли из каждого по клетке, проверили, каким зародышам достался вредный ген, а из каких могут получиться здоровые дети. (Группой руководили Сиобан Сен-Гупта и Карен Фордхэм.) Метод называется «преимплантационная генетическая диагностика» — ПГД, или PGD. Специалисты считают его весьма перспективным.

Понятно, что для верующих эта технология неприемлема: опять уничтожение эмбрионов... Однако подобный выбор врачи и матери делали и раньше. Обычную пренатальную диагностику проводят на куда более поздних стадиях развития, и плохие новости ставят мать перед дилеммой: делать аборт или дать жизнь заведомо больному ребенку? Конечно, с точки зрения верующего человека, уничтожить трехдневный эмбрион так же преступно, как трехмесячный. Но для врачей аксиома, что отсутствие нежелательной беременности всегда лучше аборта.

Впрочем, когда носителем «плохого» гена является мать, существует способ определить этот ген в яйцеклетке еще до ее оплодотворения, так что «плохих» эмбрионов попросту не будет. Возможно, этот способ под названием «биопсия полярного тельца» устроит и Ватикан с Патриархией? Результатом такой диагностики будет выбраковка «плохих» яйцеклеток, но жалеть неоплодотворенную яйцеклетку и наделять ее правами ребенка — это уж чересчур...

Однако ПГД, как и любой новый способ контролировать природу, вызывает иные опасения. Когда технология станет общедоступной, возможно, люди станут использовать ее не для борьбы с наследственными заболеваниями, а для выбора детей с «желательными» качествами. Никаких генных модификаций, только отбор. Скажем, в латиноамериканских странах светлая кожа считается красивой, а у четырех мулатов, как известно, могут рождаться и темнокожие, и почти белые дети — все зависит от «дозы» гена темного пигмента. С помощью ПГД несложно будет «заказать» более светлого ребенка, но, если все обитатели солнечной тропической страны будут поступать так, не участвуют ли случаи рака кожи? Снова все тот же вопрос: достаточно ли мы умны, чтобы пользоваться умными технологиями.





# Физика В ТОНЧАЙШЕМ ЛИСТЕ

СОБЫТИЕ

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

*Нобелевскую премию 2010 года по физике получили Андрей Гейм и Константин Новоселов, за работу, выполненную в Манчестерском университете.*

## Черноголовка — Манчестер

В 2010 году мало кто возмущается, что Нобелевский комитет присудил премию по физике не за то, не тем и не всем, кто заслужил. Практически все согласны, что именно Андрею Гейму и Константину Новоселову принадлежит главная роль в открытии принципиально нового материала — графена. Правда, во всех основополагающих статьях («Science», 2004, т.306, с.666, «Nature», 2005, т. 438, с. 197, «Proceedings of the National Academy of Science», 2005, т. 102, с. 10451) в числе соавторов есть еще и С.А.Морозов из черноголовского Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (ИПТМ). Чтобы избежать кривотолков, приведем фразу из автореферата его докторской диссертации, защищенной в 2010 году: «Личный вклад автора состоял в непосредственном проведении большинства магнитотранспортных экспериментов, составивших основу представленных в диссертационной работе результатов... Автор, наряду с А.К.Геймом и К.С. Новоселовым, внес существенный вклад в процедуры постановки задач, анализа и интерпретации результатов». Видимо, для Нобелевского комитета этот вклад оказался несущественным.

Расскажем немного о лауреатах. Уроженец Сочи Андрей Гейм после окончания Московского физико-технического института в 1982 году получил распределение в Черноголовку.

Там он сначала работал в Институте физики твердого тела АН СССР, в котором и защитил кандидатскую диссертацию, а потом — в ИПТМ АН СССР, где занимался металлическими микроструктурами. В 1990 году, как только немного приоткрылась дверь, отделявшая страны Запада от СССР, Гейм уехал за границу и в следующие четыре года успел поработать в Англии — в университетах Ноттингема и Бата, — а затем и в Дании, в Копенгагенском университете. В 1994 году он перебрался в университет голландского Неймегена, поставил там опыт с летающей в сильном магнитном поле лягушкой (см. «Химию и жизнь», 1998, № 2), удостоился за это Игнобелевской премии, в соавторстве со своим домашним хомячком Тишей подготовил статью о левитирующем прецизионном гироскопе (см. «Physica B: Condensed Matter», 2001, т. 294–295, с. 736), принял нидерландское подданство и в 2000 году переехал в Манчестер. В 2009 году EPSRC (британский Исследовательский совет по инженерным и физическим наукам) выделил его научной группе финансирование в размере пяти миллионов фунтов стерлингов на развитие работ с графеном.

Константин Новоселов в 1997 году тоже окончил Физтех, причем с отличием. Он работал в ИПТМ РАН, где изучал гетероструктуры. Отношения Гейма с родным институтом, несмотря на эмиграцию, не прерывались, и в 1999 году Новоселов тоже начинает работать в Неймегене, а в 2001 году — в Манчестере. Позже к ним присоединился и Морозов, который работает то в Черноголовке, то в Манчестере.

*На рисунке сверху: таими Янник Мейер, ныне профессор Венского университета, увидел в 2007 году рипплы на листе графена*

Однажды пятничным вечером ученые собрались в лаборатории Гейма (пятничные ни к чему не обязывающие эксперименты — традиция этой лаборатории), чтобы выяснить, можно ли получить одиночный слой графита, и не просто получить, а увидеть его. Для этого ученые чиркали грифелем по подложке, приклеивали скотч, аккуратно его снимали вместе с прилипшими слоями графита и снова приклеивали на подложку из оксида кремния. Считается, что именно выбор материала подложки обеспечил успех: при разглядывании в оптический микроскоп оксид кремния за счет интерференции слегка меняет свой цвет в зависимости от того, сколько слоев графита на нем находится. Как рассказывают нобелевские лауреаты в своих статьях, возможно, и до них многие аналогичным способом получали графен, но никто не мог разглядеть именно одиночный лист, а то, что разглядывали, оказывалось пусть тонким, но все же многослойным графитом. Вообще-то, самый точный метод разглядывания графена — это сканирующий зондовый микроскоп. Но с его помощью нельзя найти случайно расположенные на подложке полоски микронного размера: слишком велико у такого прибора разрешение. Зато контролировать качество, то есть пересчитывать число слоев графита в уже найденной полоске, с таким микроскопом можно.

И вот, после того как полоска из одного-единственного слоя графита была найдена, к ней удалось припаять электроды и приступить к самому главному — изучению необычных электрических свойств этого материала. За шесть лет результаты таких исследований описаны в ста с лишним научных статьях, но ученые не устают отмечать все новые и новые особенности.

## Электроны и дырки

Метод механического расслоения графена оказался не главным; суть открытия (отчего и премию дали по физике) в том, что экспериментаторам впервые удалось не только подержать в руках, но и начать исследования вещества, которое, как долго казалось, может существовать лишь в фантазиях теоретиков. Более того, будущий участник создания американской ядерной бомбы, а тогда сотрудник Манчестерского университета Рудольф Эрнст Пайерлс в 1935-м, а Л.Д.Ландау в 1937 году доказали, что дальний порядок в двумерном кристалле невозможен. Из-за флуктуаций такой кристалл неизбежно сомнется, сложится и превратится в некую трехмерную структуру. Создатели графена честно признаются, что о предсказании Ландау они не знали. К тому же все известные образцы графена либо полностью, либо частично закреплены на подложке, поэтому их нельзя рассматривать как строго двумерные системы. Однако, видимо, эффект Ландау все же проявляется: поверхность графена испещрена пузырями высотой в один нанометр — рипплами; их впервые разглядел Янник Мейер из Института исследований твердого тела им. Макса Планка при участии нынешних лауреатов и их коллег в 2007 году.

Что же касается особых электрических свойств гипотетического однослойного графита, то их рассчитал в 1947 году канадский физик-ядерщик Филипп Уоллес из лаборатории в Чалк-Ривер. В массивном графите они не проявляются, ведь уложенные стопкой плоскости из углеродных шестиугольников вступают друг с другом во взаимодействие. Чтобы стало понятно, в чем же уникальность графеновых свойств, следует погрузиться в глубины физики твердого тела. Для этого воспользуемся учебником Н.Ашкрофта и Н.Мермина.

Когда речь заходит о способности материала проводить электрический ток, всякий, кто освоил курс средней школы, скажет следующее: в металле валентные электроны обобществлены, они образуют электронный газ, и этот газ устремится в должном направлении, если приложить разность электрических потенциалов — подать напряжение. Такое представление имеет право на существование, но это самое первое, грубое приближение к реальности: модель свободных электронов в 1900 году предложил Поль Друдэ. При всей своей наглядности

модель Друдэ не смогла объяснить многие факты. Нас будет интересовать парадокс, связанный со знаком частицы, которая переносит заряд при электрическом токе.

Казалось бы, кроме отрицательно заряженных электронов в металле нет ничего, что могло бы переносить ток. Однако у физиков есть способ не угадывать знак заряда, а измерить его напрямую. Для этого служит эффект Холла: если поперек проводника с током приложить магнитное поле, то возникнет поперечная разность потенциалов. Ее знак и зависит от знака переносчиков заряда. Таким способом удалось установить, что у таких замечательных проводников, как медь, золото или серебро, ток переносят частицы с положительным зарядом, а у ничуть не худшего проводника алюминия — с отрицательным.

От многих недостатков модели Друдэ позволяет избавиться следующее по сложности приближение — полуклассическая модель динамики электронов. В ее основе лежит идея Феликса Блоха: он предложил вспомнить, что у кристалла есть кристаллическая решетка, состоящая из положительно заряженных ионов (коль скоро валентные электроны оказались оторванными от своих атомов и обобществлены). Эти ионы создают периодическое электрическое поле — периодический потенциал. Он неизбежно должен сказываться на перемещениях электронов. И действительно, согласно предложенным Блохом формулам, электроны оказываются волнами, амплитуда которых меняется с периодичностью кристаллической решетки.

У таких электронов есть строгие ограничения на энергию: они объединены в зоны с конечным набором энергетических уровней, а те, в свою очередь, отделены друг от друга щелями. И если зона заполнена, то она не способна проводить электрический ток: у движущегося электрона должна возрасти энергия, а на более высокий уровень он не перейдет, поскольку тот уже занят. Значит, всеми такими зонами можно пренебречь и рассматривать только одну — самую верхнюю, в надежде, что она заполнена не полностью. При этом самый верхний уровень энергии, на котором есть электрон, называется уровнем Ферми. Тепловое движение способно перебросить электрон с уровня ниже энергии Ферми на уровень выше нее. Этот-то электрон и будет переносить электрический ток. Однако точно такой же ток можно получить, если освободить все заполненные уровни, а на всех незаполненных разместить частицы с положительным зарядом — дырки.

Так в теории появляется фиктивная частица, которая ведет себя как реальная. Можно пользоваться фиктивными носителями заряда, дырками, или же не менее фиктивными электронами, которые кажутся просто отсутствием дырок на соответствующем уровне. Следуя далее по пути математического формализма (выкладки мы опускаем), получим, что каждой из такой частиц можно приписать еще и массу. Она не имеет никакого отношения к гравитационной или инерционной массе электрона, отчего и получила название эффективной массы. В сущности, такая масса отражает кривизну поверхности Ферми в месте ее соприкосновения (если говорить грубо) с границей элементарной ячейки решетки; она проявляется только при электромагнитных взаимодействиях и оказывается отнюдь не числом, а тензором — в разных кристаллографических направлениях масса переносчика заряда оказывается неодинаковой. А еще у нее может быть разный знак, который определяется строением кристаллической решетки. Если масса электрона отрицательна — значит, это дырка. Если масса дырки становится отрицательной — значит, это электрон.

## Судьба безмассового фермиона

А если эффективная масса равна нулю? Тогда мы имеем дело с графеном. Именно отсутствие массы у носителей заряда, а также отсутствие щели между валентной зоной и зоной проводимости и оказываются его самыми главными свойствами, из-за которых экспериментаторы более 60 лет мечтали подержать в руках такое вещество. Из этой особенности вытекают следствия.



Главное из них состоит в том, что электроны оказываются релятивистскими частицами, то есть движутся с максимально возможной для среды скоростью. Поэтому вместо уравнения Шредингера надо применять для их описания более сложное уравнение Дирака, и называют эти электроны безмассовыми дираковскими фермионами. По своим свойствам они оказываются подобными нейтрино, а сам лист графена уподобляется физическому вакууму. Например, электрическое напряжение, приложенное к подложке, на которой находится графен, может, подобно тому как сильное поле порождает в вакууме частицы и античастицы, создавать носители заряда — электроны либо дырки, что зависит лишь от знака напряжения.

Плотность таких носителей может достигать  $10^{13}$  шт./см<sup>2</sup>. Если же она падает на два порядка, то считается низкой, и тогда в графене возникают отдельные лужи, заполненные дырками и электронами. Иначе говоря, он становится близким к диэлектрику, но не совсем: у графена есть минимум электропроводности. Даже в отсутствие свободных носителей заряда она не будет меньше, чем четыре кванта электропроводности, то есть  $4e^2/h$  ( $h$  — постоянная Планка). Это скорее недостаток графена, чем достоинство, — если сделать из него диод по стандартной технологии, то он всегда будет пропускать ток. Зато из плоского графена можно соорудить баллистический транзистор. В обычном диоде существует затвор, который в зависимости от приложенного напряжения пропускает или не пропускает электрический ток, и в результате возникает логический элемент, выдающий 0 или 1. В баллистическом же диоде ток идет всегда, но под действием управляющего электрода его направляют вправо или влево. Эти два состояния тоже соответствуют 0 и 1, только получаются они гораздо быстрее. Такой транзистор, если его создадут, позволит развить гораздо большие рабочие частоты микросхемы: терагерцы вместо нынешних гигагерц.

У графена очень высокая подвижность зарядов: в 16 раз больше, чем у кремния, и в пять раз, чем у германия. Однако есть мнение, что на самом деле подвижность можно увеличить еще в 10 раз, препятствуют же этому, по мнению С.В.Морозова, уже упомянутые рипплы. А чем больше подвижность, тем быстрее работает микросхема, тем меньше шум и меньше нагрев. В графене работает парадокс Калучи, который должен проявляться в сверхсильных полях, например возникающих в черной дыре: частица преодолевает потенциальный барьер (энергетическую стенку на своем пути), высота которого выше (а не ниже, как можно подумать) критической величины. Эта величина зависит от массы, а роль ее масса электрона в графене равна нулю, то он преодолевает барьер любой высоты, если движется перпендикулярно ему.

В графене проявляется квантовый эффект Холла (его открыл Клаус фон Клитцинг в 1980 году, а нобелевским лауреатом он стал в 1985-м; в 1998 году Даниэль Цуи, Хорст Штрёмер и Роберт Лаффлин получили свою премию за дробный квантовый эффект Холла), причем при комнатной температуре. У эффекта Холла есть характеристика — сопротивление Холла. Оно равно отношению поперечной разности потенциалов к продольному току. В сильных магнитных полях и при температуре жидкого гелия это сопротивление перестает меняться с полем непрерывно, а начинает расти скачками, кратными кванту проводимости —  $h/e^2$  (это и есть квантовый эффект Холла). При дробном эффекте высота ступеньки составляет треть этого кванта. А у графена нашли третий тип эффекта — полупуцель. Суть его в том, что сопротивление меняется на четыре величины такого кванта. Однако при нулевом поле эффект появляется и для дырок, и для электронов. Поэтому первый уровень после нулевого составляет  $\pm 2h/e^2$ . Сейчас полупуцель квантовый эффект Холла применяют для контроля качества графенового листа: если он есть, значит, действительно имеется лишь один слой углеродных атомов — уже в бислое эффект Холла становится целочисленным.

Очень важны такие свойства графена, как прочность, химическая стойкость и прозрачность. Измерения прочности с помощью иглы зондового микроскопа показали, что из метро-

вого листа можно сделать гамак, способный выдержать вес кошки. При этом сам гамак будет весить десятые доли миллиграмма. О химической стойкости свидетельствует отсутствие изменений свойств графена при длительном хранении на воздухе. А прозрачность долго была препятствием на пути открытия графена.

Чрезвычайно интересны свойства графенового бислоя — двух слоев графена, разделенных изолятором. Прикладывая к ним различные напряжения, можно в одном слое создать электроны, а в другом — дырки. Если толщина прослойки достаточно мала, то электроны с дырками создадут пары подобно тому, как это делают электроны в сверхпроводящем состоянии. Тогда при некоторой температуре эти пары сольются в конденсат Бозе—Эйнштейна и обретут способность к сверхтекучести, то есть к сверхпроводимости. Расчеты показывают, что температура подобного перехода в чистом графене с высокой подвижностью носителей заряда приближается к комнатной. Пока что горячая сверхпроводимость графена не открыта, но теоретики дают надежду на то, что такой необычный эффект может существовать в этом материале. И не только он.

## Графен и чешуйки

Графен — шестая кристаллическая модификация углерода (предыдущие пять — графит, алмаз, карбин, фуллерен, нанотрубки). Другие модификации, если не считать интересные фазы, получаемые в плазматроне (см. «Химия и жизнь», 2004, № 4), пока неизвестны человечеству. Первые две используют давно, две последние вызвали большую шумиху в научной печати, но серьезных прорывов как в научном, так и практическом плане с их помощью достигнуто не было. Благодаря уникальным электронным свойствам графен обладает большим потенциалом для практического применения, что и отмечено в решении Нобелевского комитета. Однако хорошие возможности еще не означают их практического воплощения. Более того, не исключено, что практически важным окажется как раз не графен, единичный лист из углеродных шестиугольников, а сверхтонкий графит, который состоит из нескольких таких слоев. Причина — в особенностях графеновой технологии.

Есть несколько способов изготовления графена. Первый — механическое расслоение — годится для исследователей, но никак не подходит для массового производства. А что подходит? Например, расслоение графита химическими методами. О них рассказал на страницах «Angewante Chemie International» (2010, т. 49, DOI: 10.1002/anie.201004096) Ханс Петер Боэм из мюнхенского Университета Людвиг Максимилиана. Сырьем тут служит оксид графита, который с 30-х годов XX века получают в смеси концентрированных серной и азотной кислот. Серная кислота, проникая в межслойные пространства графита, разлагает его на отдельные слои, и получается гидросульфат графита. При его гашении хлоратом или перманганатом калия образуется гидратированный оксид графита с общей формулой  $C_8O_2(OH)_2$ , а выход реакции — 96%. Поначалу такое вещество называли графитовой кислотой, однако потом разобрались, что это коллоидный раствор, содержащий прозрачные и бесцветные чешуйки.

В 1932 году Ульрих Хофман измерил их толщину: она оказалась равной 0,6 нм, что в два раза больше толщины графена. Если обработать их сильным восстановителем, например гидразином или ионами  $Fe^{2+}$ , либо быстро нагреть до 200—325°C, то большинство гидроксигрупп исчезнет и получится слегка скомканный графеновый листок размером в десяток микрон. Поверхность этих чешуек отрицательно заряжена, и они не слипаются друг с другом, но образуют устойчивый золь. К сожалению, такой графен сильно загрязнен, в нем много дефектов и проводимость гораздо ниже, чем у графена, полученного механическим методом. Однако этим путем можно получить много относительно дешевого графена, и если, например, использовать его как наполнитель для композитов, то такой недостаток будет незаметен. Кстати, недавно мы рассказывали о похожем

материале — однослойном монтмориллоните, который позволяет делать прочную и газонепроницаемую упаковочную пленку (см. «Химию и жизнь», 2009, № 10).

## Графен и микросхемы

Когда речь заходит об использовании графена для изготовления микросхем, то обычно говорят: этот материал толщиной в один атом — предел миниатюризации, по крайней мере в одном направлении, по толщине. Однако при этом забывают сказать, что плотность расположения транзисторов вообще-то требует миниатюризации совсем в другом направлении — по ширине. Здесь возможны трудности.

Графен в обычном состоянии — полуметалл, то есть он способен проводить электрический ток. Тем не менее, если полосу из него сделать чрезмерно узкой, он превратится в полупроводник: из-за квантово-размерных эффектов между зоной проводимости и валентной зоной возникнет щель. В разных источниках указана критическая ширина полоски от 20 до 2 нм, то есть от почти сотни до менее десяти периодов решетки графена.

Сейчас микросхемы изготавливают планарными методами — напыляя на монокристалл кремния транзисторы и соединяя их проводниками. Напылять графен пока что не умеют, а вот выращивать его научились давно: в 1975 году голландец А. Дж. ван Бомель с коллегами из лаборатории компании «Philips» в Эйндховене показал, что слой графита можно получить из карбида кремния, испаряя атомы последнего при нагреве до 1080—1320°C (см. «Surface Science», 1975, т. 48, с. 463). Добиться образования одного слоя углеродных атомов нелегко, но можно. Во всяком случае, Уолт де Хеер из Технологического института Джорджии овладел этим способом и пытается выращивать графеновые схемы на монокристаллах карбида кремния.

К сожалению, сами монокристаллы SiC выращивать очень непросто. Их размер исчисляется миллиметрами, что несравнимо с кристаллами кремния диаметром в десятки сантиметров. Отсюда следует: для того чтобы достигнуть той же плотности транзисторов, которая сейчас есть у кремниевых микросхем, нужно научиться выращивать большие монокристаллы карбида кремния (несбыточная мечта многих материаловедов), либо уменьшить ширину штрихов раз в десять. Сейчас самый передовой процесс обеспечивает ширину 9 нм. Десятикратное уменьшение дает 0,1 нм. Это в три раза меньше параметра решетки графена. Но и 9 нм для графена плохо: он станет полупроводником, и тогда графеновые транзисторы придется соединять проводниками из другого материала, в которых подвижность носителей заряда окажется далекой от рекордов. Значит, по плотности расположения транзисторов графен конкурировать с кремнием никак не сможет. Видимо, выигрыш получится не в увеличении плотности транзисторов, а в повышении их быстродействия. А достаточен ли он будет, чтобы пожертвовать многомиллиардными вложениями в существующую технологию? Ответ на этот вопрос совсем не очевиден. Однако работы по изготовлению графеновых микросхем идут.

Например, де Хеер («Nature Nanotechnology», 2010, т. 5, с. 727) хочет за один раз выращивать из графена на карбиде кремния и проводники, и полупроводники. Это логично — не будет контактов, и подвижность носителей заряда во всей схеме станет одинаково высокой. Для этого нужны полоски графена разной ширины. Чтобы их получить, ученый решил делать микросхему не вдоль поверхности монокристалла SiC, а поперек: вытравить бороздки разной глубины и, воспользовавшись тем обстоятельством, что скорость испарения кремния зависит от ориентации кристаллографической плоскости, получить графен только на гранях бороздок. При большой глубине рос проводник, при малой — полупроводник, и всего на площадке 0,24 см<sup>2</sup> поместилось 10 тысяч транзисторов. Для сравнения: площадь процессора Intel Core Duo составляет 90,6 мм<sup>2</sup>, а средняя плотность размещения транзисторов — 1,7 млн. на квадратный миллиметр. При таких параметрах графеновой микросхеме уготована ниша специфического устройства отнюдь не массового назначения.

## Огромный лист графена

У графена есть еще три перспективных качества: прозрачность, высокая прочность и химическая стойкость. Однако ими же обладает и сверхтонкий графит, находящийся с графеном в отдаленном родстве. А пригодятся эти свойства для изготовления прозрачных электродов жидкокристаллических дисплеев, в том числе гибких, и солнечных электростанций. Такой электрод действительно способен обеспечить прорыв. Впрочем, большие листы тончайшего, но прочного как сталь материала найдут применение не только в электронике, но и в конструировании одежды, и в изготовлении космических кораблей (о подробностях фантасты рассказывали уже не один десяток раз).

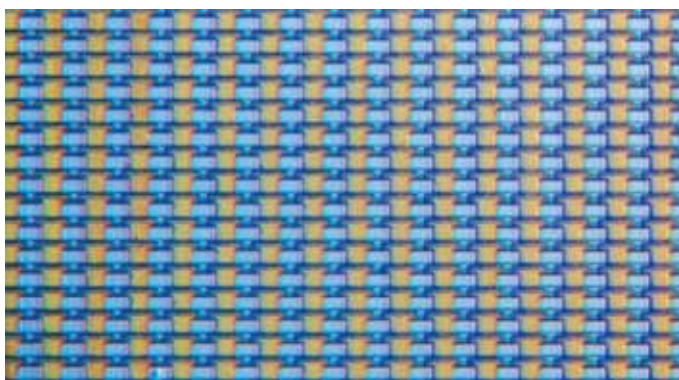
До недавнего времени рассуждать о таком использовании графена можно было в общем-то скорее теоретически: делать большие графеновые листы никто не умел. Впрочем, и с помощью маленьких чешуек в Черноголовке, как пишет С.А. Морозов в своей диссертации, успешно создали прототип ячейки жидкокристаллического дисплея на графеновом электроде. Однако в 2009 году вышло целых три статьи о выращивании огромных, почти что метрового размера, листов материала, похожего на графен.

Специалистам, которые работают с новыми углеродными формами, известно, что для получения нанотрубок или фуллеренов, надо взять частицы никеля и поместить их в атмосферу углерода. Как правило, берут наночастицы и впрыскивают их в реактор CVD — от английского «химическое осаждение из пара», — где метан разлагается на водород и углерод (см. «Химию и жизнь», 2007, № 8). Ситуация изменилась в 2007 году, когда исследователи из МГУ им. М.В. Ломоносова во главе с А.Н. Образцовым, который работает и в финском университете Йюенсуу, поместили в подобный реактор массивный лист никеля и осадили на нем тонкий — толщиной 1,5 нм, то есть состоящий из пяти графеновых слоев, — графит с высокой степенью порядка в расположении атомов («Carbon», 2007, т. 45, № 10).

В 2009 году сразу три независимые группы — одна, во главе с Бью Хи Хоном, из корейского университета Санкьюкван и две из США, Кун Цзин с коллегами из Массачусетского технологического института и Чэн Юн из Университета Пердью, — сделали примерно то же, только углерод не осадили на листе никеля, а растворяли в нем. При снижении температуры подвижность углерода в металле всегда падает, и он стремится или создать химическое соединение с карбидобразующими элементами (обычно это вольфрам, молибден, ниобий), или выделиться на свободной поверхности. Это свойство металлургии издавна применяли для поверхностного упрочнения — цементации стали. Тщательно выбирая концентрацию растворенного углерода, скорость охлаждения и температуру его окончания, на поверхности металла можно вырастить и тонкую пленку чистого графита. После растворения никеля остается пусть слегка скопманый, но большой лист материала, который по свойствам очень похож на графен. Так, Бью Хи Хон с коллегами («Nature», 2009, т. 457, с. 706) получили на выращенном им графите полупрозрачный квантовый эффект Холла; прозрачность же была 80%. Правда, подвижность носителей заряда оказалась в пять с лишним раз меньше, чем в опытах Гейма, Новоселова и Морозова. Но для электрода дисплея особо большая подвижность может и не пригодиться.

Уже в 2010 году та же группа сообщила о новом успехе — создании пленки шириной 74 см с прозрачностью 97% («Nature Nanotechnology», 2010, т. 5, с. 574). Наложив друг на друга четыре таких пленки, исследователи сделали электрод с прозрачностью 90%, который по сопротивлению и прозрачности превосходит электроды из оксида индия-олова, ныне используемые в каждом жидкокристаллическом дисплее. В конце концов корейцы собрали работоспособный сенсорный дисплей, выдерживающий большие механические нагрузки.

Как видно, для такого способа использования не обязательно иметь лист настоящего графена. По словам А.Е. Образцова, в широких пленках встречаются и участки графена, и участки с графитом, состоящим из нескольких слоев. Добиться же од-



Графеновая микросхема де Хеера состоит из 10 тысяч транзисторов

народности структуры пока что никому не удалось. Кроме того, поскольку никелевая подложка представляет собой поликристалл, графеновые домены несколько разориентированы друг относительно друга. Если же получилось несколько слоев, то решетки таких доменов могут сильно развернуться относительно соседей.

Считается, что свойства широких графеновых пленок удастся улучшить, если использовать подложки из монокристаллов. И тут отечественные материаловеды могут сказать свое слово. Издавна в наших институтах, таких, как Всесоюзный институт авиационных материалов (ВИАМ) или ЦНИИ тяжелого машиностроения, да и не только там, умели выращивать монокристаллические турбинные лопатки метрического размера. Материалом же для них служат высоколегированные никелиевые сверхсплавы. Выращивать монокристалл из чистого никеля гораздо проще, поэтому технология не потребует существенного измене-

ния. Да и сверхсплав, в котором выделяются регулярно расположенные с периодом в десятки или сотни микрон частицы упрочняющей фазы  $Ni_3Al$ , тоже пригодится: в монокристаллической подложке можно создать периодически меняющиеся напряжения; они снимут часть напряжения в растущем графеновом листе и улучшат его качество.

Более того, совсем не обязательно использовать массивные подложки. В ЦНИИчермете им. И.П.Бардина в свое время была разработана технология прокатки монокристаллов молибдена в фольгу. Выращивая графен на никелевой монокристаллической фольге, можно значительно уменьшить время последующего растворения такой подложки. Пофантазируем еще и напомним, что наряду с цементацией металлурги применяют и нитроцементацию, когда на поверхности детали растет покрытие из карбидов с нитридами. Возможно, добавка аммиака в CVD-реактор позволит создать графен, легированный азотом. Электродом он вряд ли послужит, но может пригодиться для чего-то другого.

Когда после присуждения премии Гейму предложили войти в научный совет Сколково, он ответил, что концепция «дайте человеку мешок золота, и он поедет куда угодно» кажется ему странной. Действительно, для того чтобы освоить технологию производства тончайшего графита, не надо строить наукоград в чистом поле (отобранном у селекционеров) и приглашать туда ученых со всего света. Практичнее по-хозяйски обойтись с богатствами, доставшимися от советского времени.



## ИНФОРМАЦИЯ

## РЕШЕНИЕ, ПРИНЯТОЕ В ПОЛЬЗУ ТОЧНОСТИ...

### ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ



<p><b>2004</b></p> <p>КАТАЛИТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ НЕИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ РАБОТЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ</p>	<p><b>2008</b></p> <p>МНОГОЦЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ (ДО 130 АТМ)</p>	<p><b>2005</b></p> <p>УСТАНОВКА ТЕРМОСТАТОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ АЗЕКИМА</p>
<p><b>2009</b></p> <p>УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГАЗОВОЙ И ВОДОРОДНОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДАВЛЕНИИ</p>	<p><b>2008</b></p> <p>УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОКРИТИЧНОЙ ДИМЕТИЛЬНОГО ТОЛПАИЛА В ВАКУУМНОМ ГАЗОВИИ</p>	<p><b>2006</b></p> <p>УСТАНОВКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНЫХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ</p>



Для исследования каталитических свойств зернистых катализаторов в различных процессах с газовыми и парогазовыми реакционными смесями при атмосферном давлении и в условиях повышенных давлений

#### ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

- КАК НАДЕЖНОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
- ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ
- ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВЫЖУЖЕННЫХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО АППАРАТА ОБРАЗЦОВ КАТАЛИЗАТОРА
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА РАБОТЫ КАТАЛИЗАТОРОВ
- ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕЗАКТИВАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ И СПОСОБОВ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО

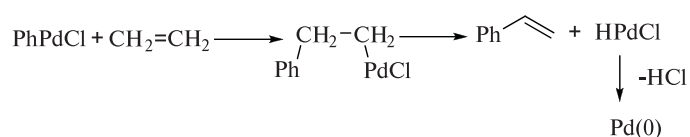


Связь «углерод—углерод» — ключевая и для органической химии, и для жизни на Земле. Ведь жизнь возникла именно тогда, когда молекулы углерода связались в цепочку и образовали сложные органические молекулы. За методы синтеза связи С—С Нобелевские премии давали не один раз: реакция Гриньяра (1912), реакция Дильса — Альдера (1950), реакция Виттига (1979), метатезис олефинов (2005). Нынешние лауреаты тоже имеют свои именные реакции: реакции Хека, Нэгиси и Судзуки давно используют в тонком лабораторном синтезе и крупнотоннажных производствах.

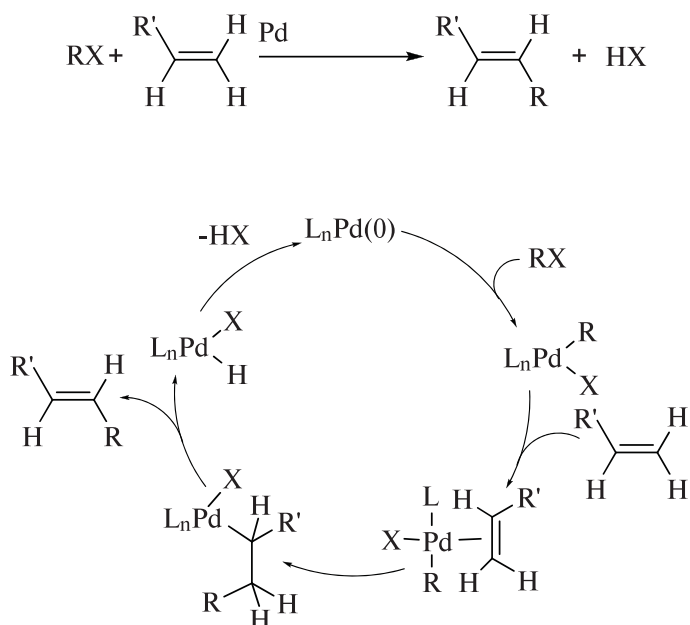
## Палладий — место встречи атомов углерода

Палладий начали использовать как катализатор в 1950-х годах. Исследователи немецкой химической компании «Вакер Хемии AG» обнаружили, что в присутствии палладия этилен окисляется в ацетальдегид практически на воздухе, и это позволило наладить эффективный и экономичный промышленный процесс. Ричард Хек работал в Американской химической компании, и, когда стало известно об успехе промышленного Вакер-процесса, он тоже начал эксперименты с палладием.

В 1968 году он опубликовал первые работы на эту тему, в которых описал беспрецедентную реакцию — арилирование (или алкилирование) олефина с образованием С—С связи. С помощью палладиевого катализатора он при комнатной температуре связывал, например, бензол с этиленом и получал стирол.



Эта реакция стала одной из самых важных, поскольку позволяла связать два углерода. Через четыре года Ричард Хек модифицировал реакцию таким образом, что ее стало можно использовать в крупнотоннажных процессах. В новой модификации, которая теперь называется реакцией Хека, органопалладиевый комплекс  $\text{RPdX}$  образуется из галогенуглеводорода и палладия в процессе окислительного присоединения.



Чтобы понять важность открытия Ричарда Хека, надо вспомнить строение атомов. Вокруг ядер на определенных уровнях расположены электроны, причем чем больше ядро, тем больше вокруг него уровней с электронами. Химиков всегда интересует

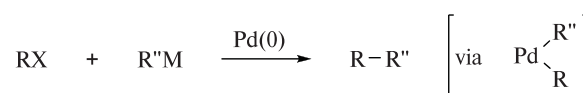
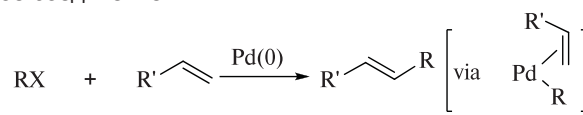
внешний электронный слой, ведь именно его электроны принимают участие в химической реакции, цель которой — полностью укомплектовать этот внешний электронный слой. В основной, нейтральной форме у углерода всего четыре электрона на внешнем слое, а вакантных орбиталей — восемь. Поэтому чтобы сформировать комплект, он должен образовать четыре связи с другими атомами. Но в двух органических молекулах, которые химик хочет соединить, любой атом углерода уже образовал четыре связи и заполнил вакантные орбитали. С чего вдруг он разорвет их и будет образовывать новые связи?

Задача химиков — расшевелить углерод и заставить его реагировать с другим углеродом. Виктор Гриньяр, нобелевский лауреат 1912 года, решил эту проблему. С помощью разных уловок он соединил магний с тем атомом углерода, который хотел заставить вступить в реакцию, — получился «реактив Гриньяра». В нем магний отдает свои два электрона таким образом, что они оказываются у углерода, после чего создается дисбаланс между положительно заряженным ядром и отрицательно заряженными электронными облаками. Атом углерода становится нестабильным и реагирует с другим атомом углерода.

Но когда речь идет о построении больших и сложных молекул, этот метод не особенно удобен. Атом углерода в нестабильном реактиве Гриньяра ведет себя непредсказуемо. Когда у него есть несколько возможностей с кем вступить в реакцию, он обязательно их реализует, и образуется много побочных продуктов.

Реакция, катализируемая палладием, решает эту проблему — она делает процесс адресным. Сначала  $\text{Pd}(0)$  реагирует с галоген-углеводородом  $\text{RX}$ , и получается палладиевый комплекс  $\text{RPdX}$ . Образуется новая связь  $\text{Pd}-\text{C}$ . На следующей стадии к палладию также присоединяется другой углеводород, и тогда внутри комплекса один углерод перемещается к другому, и образуется связь  $\text{C}-\text{C}$ . От палладия отщепляется новое соединение, галогеноводород, а сам палладий снова возвращает себе нулевую степень окисления. Теперь он готов к новому каталитическому циклу.

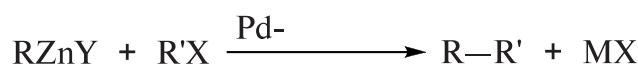
Многочисленные исследования химиков установили, что существует два типа реакций кросс-сочетания. В обоих катализатор — палладий, а в роли электрофильного участника выступает галоген-углеводород. Вторым участником в первом типе реакции может быть олефин, а во втором — металлоорганическое соединение.



**M** — палладий  
**X** — галоген-ионы  
**R** — алкенилы, арилы, аллилы

Механизм реакций схож: металл — это место встречи атомов углерода. Они оба связываются с палладием и оказываются достаточно близко, чтобы между ними произошла реакция. Палладий как катализатор облегчает реакцию, но сам в ней участия не принимает.

В 1976 году Эйити Нэгиси начал серию экспериментов, чтобы найти более эффективное металлоорганическое соединение в реакции, катализируемой палладием. В 1977 году оказалось, что если в качестве нуклеофильного агента использовать соединения цинка, то выход получается больше, реакция идет в более мягких условиях и в ней практически нет побочных продуктов.





С 1976 по 1978 год Нэгиси опубликовал несколько работ, которые описывали реакции кросс-сочетания с участием различных металлоорганических веществ, содержащих магний (реактив Гриньяра), цинк, бор, алюминий и другие. Новая реакция стала очень важным методом органической химии, и сегодня реакция с цинк-содержащими соединениями (либо с алюминием или цирконием) называется реакцией Нэгиси.

Два года спустя Акира Судзуки и его коллеги опубликовали вариант этой реакции, в которой вместо цинка использовали бор. Это более мягкий активатор, облегчающий переход органической группы от бора к палладию. Огромное преимущество бора перед цинком состоит в том, что он гораздо менее токсичен — это важно для крупнотоннажных производств.

Механизмы реакций Нэгиси и Судзуки схожи с реакцией Хека. К палладию присоединяется  $RX$ , на втором этапе органическая группа, соединенная с цинком или бором, также переносится на палладий. Затем галогенуглеводород и органическая группа соединяются друг с другом и отсоединяются от палладия.

Катализируемая палладием реакция кросс-сочетания совершенно уникальна, поскольку проходит в очень мягких условиях и дает мало побочных продуктов.

## Применение реакции кросс-сочетания

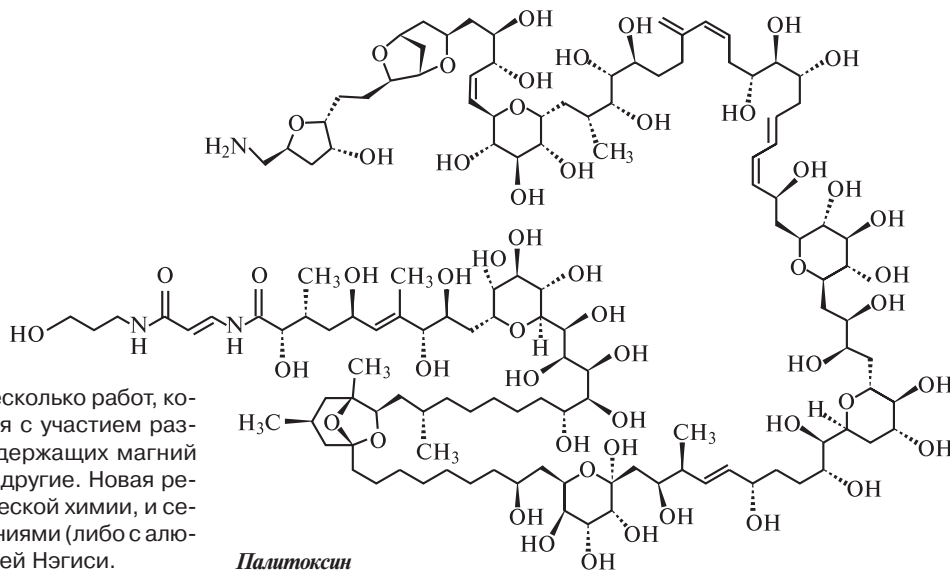
Все три реакции широко используются в лабораторном и промышленном синтезе. Фармацевтическая промышленность, электроника, сельское хозяйство — везде есть необходимость в сложных молекулах, которые можно синтезировать только с помощью реакций кросс-сочетания. Помимо мягких условий проведения, они хороши тем, что с их помощью можно присоединить к углероду самые разнообразные органические группы.

По приблизительным оценкам, реакцию Хека использовали в синтезе более 100 различных природных и биологически активных соединений — в частности, при синтезе таксола, морфина, стероидов, стрихнина, противоопухолевых препаратов. Ее же используют в крупнотоннажном производстве противовоспалительных лекарств и препаратов против астмы.

Один из самых впечатляющих примеров — это воссоздание палитоксина, природного яда, который выделили в 1971 году из кораллов, найденных на Гавайских островах. В этой сложной молекуле 129 атомов углерода, 223 водорода, 3 азота и 54 кислорода, и синтезировать эту гигантскую молекулу смогли только в 1994 году, в том числе с помощью реакции Судзуки.

Зачем было синтезировать такое сложное соединение, ведь вряд ли его будут производить в промышленных масштабах? Когда химики открывают новое вещество, они всеми доступными методами определяют состав и строение его молекулы. Но единственный способ удостовериться в том, что структура его именно такова, — это синтезировать вещество и сравнить с природным.

В конце 1980 года со дна Карибского моря достали морскую губку *Discodermia dissoluta*. Это маленькое создание обитает на глубине 33 метра, и строение его крайне примитивно — у губок нет ни глаз, ни рта, ни желудка, ни скелета. Однако эта губка (впрочем, как и остальные морские губки) — крупный специалист по химическому синтезу. Все они могут продуциро-



Палитоксин

вать большие и сложные ядовитые соединения, которые защищают их от врагов. Многие из этих ядов могли бы служить антибиотиками, противовирусными или противовоспалительными препаратами. Что касается *Discodermia dissoluta*, то первый же лабораторный тест показал, что производимый ею дискодермолид можно с успехом применять в химиотерапии рака, поскольку он останавливает рост опухолевых клеток. Он действует примерно так же, как один из самых употребляемых препаратов для химиотерапии — таксол.

Эта история для, скорее всего, так ничем бы и не закончилась, если бы не химический инструмент, открытый нобелевскими лауреатами 2010 года. Ведь нельзя рассчитывать на лекарство, добытое в небольших количествах на дне Карибского моря, а благодаря реакции кросс-сочетания и палладиевым катализаторам химики смогли сделать синтетический дискодермолид и начать его клинические испытания. На ключевой стадии синтеза применяется вариант реакции Нэгиси.

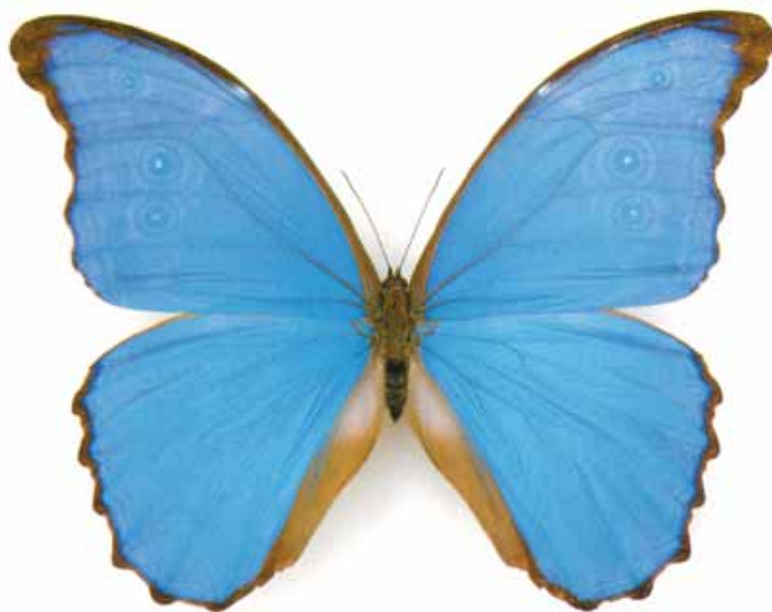
Надо отметить, что ученые постоянно используют океан в качестве аптеки. Из морских организмов выделены сотни перспективных соединений. Драгмацидин F получили из губки, растущей рядом с итальянским берегом, и тоже синтезировали с помощью реакции кросс-сочетания. Этот препарат планируют использовать для лечения герпеса и СПИДа.

Химики также используют реакции кросс-сочетания, чтобы модифицировать природные биологически активные соединения и усилить их действие. Пример — антибиотик ванкомицин, его выделили в 1950 году из образца почвы, привезенной из джунглей. Сегодня ванкомицин используют против микроорганизмов, которые стали нечувствительными к другим антибиотикам. Ученые с помощью реакции кросс-сочетания создали модификацию ванкомицина, хорошо воздействующую на резистентные штаммы.

И еще один пример из другой области. В электронной промышленности сейчас много говорят об органических светоизлучающих диодах. Их используют для производства мониторов толщиной несколько миллиметров. В синтезе материалов для таких диодов тоже применяют реакцию кросс-сочетания.

Конечно, их многообразие не ограничивается тремя именными реакциями. Они настолько важны для синтеза сложных органических соединений, что ими продолжают заниматься и другие исследователи. А значит, появляются ее альтернативные варианты. Например, весной 2010 года опубликовано новое достижение: палладий присоединили к графену и полученное соединение использовали, чтобы провести реакцию Судзуки в воде. Учитывая все работы, которые и сегодня ученые ведут в этом направлении, реакция кросс-сочетания в будущем может еще больше расширить возможности химиков.





«Морфуда»  
(*Morpho didius*)



Парусник улисс  
(*Papilio ulysses*)

Из книги Л. В. Каабак «Бабочки мира». Фото: А. Соцкого

# Структурная окраска



ТЕХНОЛОГИИ

Доктор технических наук,  
профессор

**Г. Е. Кричевский**

До недавнего времени химики считали, что окраска всех материалов, в том числе текстильных, зависит только от присутствия в них красителей и пигментов, способных поглощать какую-то часть лучей видимой части спектра и пропускать (если материалы прозрачны) или отражать (если они непрозрачны) остальные длины волн. Ту часть спектра, которую отражают материалы, наш глаз и воспринимает как цвет. Так учили специалистов по синтезу и применению красителей, так было написано в учебниках, и именно таков механизм химической или абсорбционной окраски.

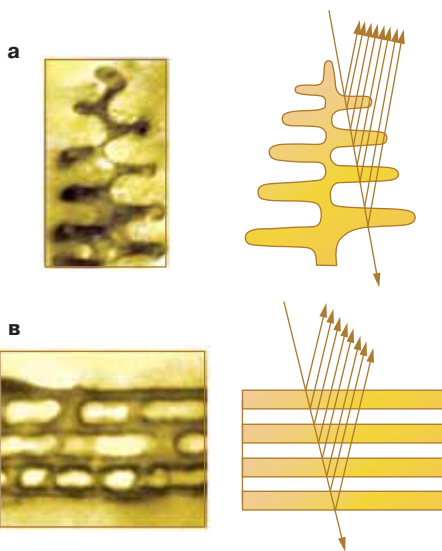
Примерно 20 лет тому назад оказалось, что природа уже многие миллионы лет может создавать окраску и без специальных окрашенных веществ — только за счет упорядоченных структур очень маленьких размеров (наноразмеров). Этот механизм окрашивания, в отличие от «химического», основан только на оптических принципах. Когда свет отражается от наноэлементов, структурированных в полислои — решетки, кружева, бороздки, то, поскольку размеры этих элементов соизмери-

мы с длиной волны света, происходит интерференция, дифракция и рассеивание волн — в результате мы видим цвет. Такую окраску оптического происхождения назвали «структурной». Оказывается, она, наряду с обычной, встречается в природе довольно часто — у насекомых, птиц, рыб, морских моллюсков и растений.

Структурная окраска в живой природе существует примерно 500 миллионов лет. Можно считать, что первый намек на понятие «структурная окраска» появился в XVII веке у естествоиспытателя Роберта Гука, в его книге «Micrographia». Ученый изложил свою теорию цветов и объяснил окраску тонких слоев отражением света от их верхней и нижней границ. Фактически это было первое упоминание интерференции. Правильное объяснение структурной окраски впервые дал лорд Джон Уильям Стретт Рэлей в 1917 году. Он вывел формулу для выражения свойств отраженного света регулярных слоистых структур и утверждал, что окраска двойного кристалла, старого потрескавшегося стекла и покрова жучков и бабочек обусловлена не пигментами, а структурой этих материалов. Также Рэлей заметил, что эти «оптические системы характеризуются размером, соизмеримым с длиной волны падающего света».

Следующий толчок к изучению структурной окраски дала появившаяся в 30—40-е годы XX века электронная микроскопия. С ее помощью удалось изучить строение перьев, в которых тонкие слои кератина чередуются со слоями воздуха, и доказать, что именно строение — причина радужной окраски. А еще электронная микроскопия показала, что разнообразная окраска крыльев бабочек семейства Morpho и других тоже возникает за счет структуры чешуек (рис. 1). Размер их ячеек и геометрия определяют длину волны отраженного света и его интенсивность (в случае бабочек Morpho мы видим сине-голубой цвет). Как правило, именно бабочек Morpho упоминают, когда речь заходит о структурной окраске. Микроскопическая структура их чешуек, равно как и моли Urapia, изучены лучше всего (рис. 2).

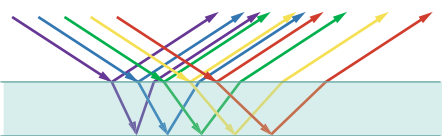
Систематические исследования перьев птиц, покровов насекомых, чешуи и кожи обитателей морей и океанов продолжаются до сих пор. Оказалось, что в животном мире существует три вида окраски: только структурная (бабочки Morpho), только пигментная (как у бабочки лимонницы) и структурная в сочетании с пигментной. Синий цвет крыльев часто создается структурной окраской, за счет чешуек, но если к ним добавляется желтый пигмент, то появляется дополнительный зеленый цвет.



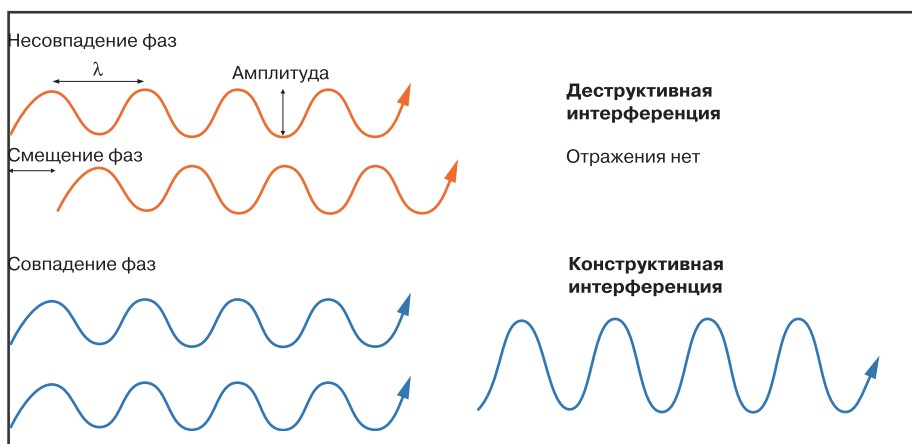
2  
Крылья бабочек покрыты плотными рядами чешуек. Их микроструктуры у разных видов сильно различаются. Чешуйка с крыла морфиды (а) похожа на дерево с несколькими ярусами «ветвей», в которых и происходит интерференция.

Единичная чешуйка моли семейства *Urania* (б) состоит из пяти слоев кутикулы, каждый из которых имеет толщину 400 нм и отделен от следующего воздушной прослойкой в 100 нм

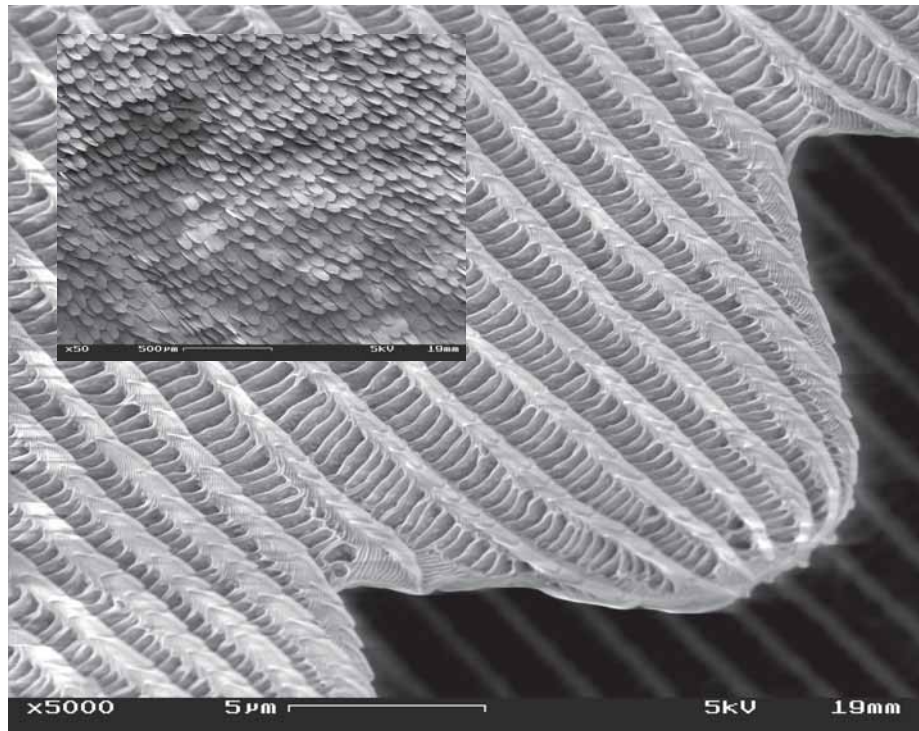
Почему мы видим цвет там, где нет цветного пигмента? Когда свет взаимодействует с тонкой прозрачной пленкой, часть его отражается от ее внешней поверхности, остальной свет проходит через пленку до ее нижней границы, снова отражается, проходит через пленку до верхней ее границы и присоединяется к уже отраженному свету от поверхности (рис. 3).



3  
**Интерференция в тонком слое**



4  
**Два вида интерференции**



Поскольку свет проходит путь, равный толщине пленки, волна, отраженная от верхнего края пленки, может совпадать или не совпадать по фазе с тем светом, который отражен от нижней границы. Фактически оба отраженных потока, от внешней и внутренней поверхностей пластины, складываются или вычитаются. Если фазы отраженного света от верхней и нижней поверхности не совпадают, то мы не видим окраску: это называется деструктивной интерференцией. Когда фазы совпадают, мы видим цвет — это конструктивная интерференция (рис. 4). Естественно, разница в фазах двух видов отраженного света будет зависеть от толщины пленки, коэффициента ее преломления, угла освещения и длины волны падающего света. При определенной толщине пленки, определенном коэффициенте преломления и полихроматическом освещении (белым светом) мы можем увидеть только один цвет. В дру-

**Поверхность крыла бабочки под электронным микроскопом**

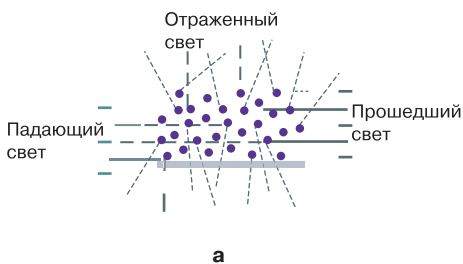
гих случаях на крыльях и панцирях (рис. 5) мы наблюдаем весь спектр цветов, в том числе глубокий черный и белый, радужную окраску, опалесцирующую.

Если интерференция происходит не в одной пленке, а в многослойном пакете прозрачных пленок, то конструктивная интерференция усилится и окраска будет более интенсивной. Такие многослойные прозрачные конструкции встречаются в оперении птиц, в покровных тканях насекомых, в чешуйках обитателей морей и океанов. Окраска этих живых организмов бывает самых разных цветов, в том числе радужной и переливчатой. У птиц оптические системы формируются комбинацией пигмента меланина, белка кератина и воздуха, а у бабочек исходный материал — азотсодержащий полисахарид хитин и пигменты.

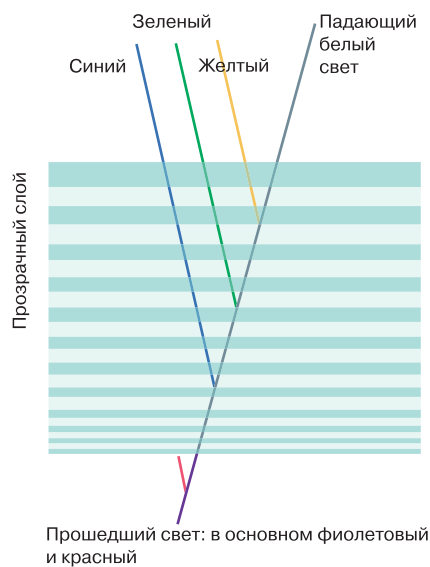
Простейший пример радужной окраски — это тонкая пленка масла, керосина и других органических соединений на воде или красочные мыльные пузыри. Радужная и переливчатая окраски отличаются от структурной тем, что их цвет и оттенок меняются в зависимости от угла зрения наблюдателя. Но физическая природа у них одинаковая.

Как влияют различные условия на преломление света и на изменение структурной окраски, наблюдать довольно легко. Например, если на крыло бабочки (со структурной окраской) капнуть растворителем с другим коэффициентом преломления, чем у воздуха, то и окраска изменится, согласно законам интерференции. Так, капля ацетона (ко-





5  
**Различные виды структурной окраски:**  
**а** — отражение белого света маленькими частицами (черные шарики). Если частицы меньше 575 нм в диаметре, то отражаются будут лучи синего цвета, а проходят будут лучи красного цвета. Если частицы больше, то все отраженные лучи будут иметь близкую длину волны, и они сформируют белый свет;  
**б** — крыло жука-бронзовки — многослойный рефлектор. Оно вспыхивает радужными искрами, потому что под разным углом зрения мы видим отражения разных длин волн



6  
 Прошедший свет: в основном фиолетовый и красный

эффицент преломления 1,38, воздуха — 1,0) изменяет цвет крыла с синего на зеленый. После испарения ацетона окраска возвращается. Если ацетон заменить растворителем с коэффициентом рефракции 1,56, близким к кутикуле (это плотный слой на поверхности чешуек), то все слои чешуйки образуют гомогенную оптическую систему, интерференция исчезнет вместе со структурной окраской — останется видимым только коричневый меланин.

Очень важная характеристика оптических свойств — то, как организована периодическая структура (1D, 2D, 3D), то есть в скольких направлениях может изменяться поток падающего света. Если в одном или в двух направлениях — это дифракционная решетка, если в трех измерениях — объемная структура или фотонный кристалл. Если периодичность трехмерна (3D), то мы видим окраску независимо от угла зрения. Классический пример фотонного кристалла — опал. Он играет роль оптического фильтра, и именно этими свойствами обусловлены яркие и красочные цвета опала, которые мы видим. В природе подобные 3D структуры обнаружили в хитиновых покровах жуков и на крыльях африканских бабочек-парусников.

В окраске бабочек встречаются и вариации структуры, которые называют «обратный опал». Это означает, что вместо плотно упакованных сфер на крыльях бабочек есть особая решетка (сетка из кутикулы) с дырочками, заполненными воздухом. Конечно, подобные структуры очень интересны, в том числе и для создания искусственного фотонного кристалла нового типа. Фотонные рукотворные кристаллы широко используют в оптике, в лазерной технике, в производстве волноводов и электроники.

Природные технологии — самые совершенные. Повторить их трудно, но

начиная с 60-х годов XX века совместные исследования биологов, зоологов, физиков, химиков, математиков начали давать результаты в теоретической и практической биомиметике. В области полиристики также начались первые попытки имитации структурной окраски. Безусловно, такая технология имела бы свои преимущества. Во-первых, синтез красителей — это довольно энергоемкое и малозащитное производство. Во-вторых, структурная краска устойчива к свету в отличие от традиционной, которая практически всегда выцветает со временем. Но пока структурная окраска — это новая сложнейшая нанотехнология с кучей нерешенных проблем.

Например, уже описана технология получения из коллоидного раствора пленок со структурной окраской. Первоначально полученные пленки были белыми — свет очень сильно рассеивался из-за дефектов в структуре кристаллической пленки. Но потом туда добавили частицы, которые абсорбировали рассеянный свет, и проявилась структурно окрашенная в синий цвет пленка. Кстати, крыло бабочек *Morpho* супергидрофобно, в чем не уступает лотосу, и эту пленку тоже удалось сделать гидрофобной. Перспектива использования нового материала — самоочищающиеся окрашенные поверхности.

Исследовательская группа университета Калифорнии (Сан-Диего) в 2009 году получила новые полимерные материалы, изменяющие окраску под действием магнитного поля. В магнитном поле микросферы (наночастицы оксидов железа), добавленные в полимер, ориентируются определенным образом и формируют фотонный кристалл, дающий цвет. Возможные области применения этой технологии — дисплеи, многократно ис-



## ТЕХНОЛОГИИ

пользуемая бумага со стирающимся текстом, защита ценных бумаг, экологически чистые пигменты, краски, косметика, чернила для печати и т.д.

Можно найти примеры случайной биомиметики в производстве текстиля. Так, определенная периодичность в структуре поверхности синтетических волокон приводит к интересным цветовым и тактильным эффектам. Такую ткань сделали в Японии — она называется «shingosen» (что буквально значит «новое синтетическое волокно» и созвучно названию известного сборника японской средневековой поэзии). Появились новые волокна с наноструктурированной геометрией поверхности. Специальная технология прядения, условия продавливания через фильеры расплава или раствора полимера и осаждения не только дают повышенную плотность волокон, но и формируют периодическую структуру на их поверхности. Такие волокна благодаря интерференции и рассеянию света ярко и радужно окрашены, как крылья бабочек. Кроме того, подобная структура поверхности улучшает смачиваемость гидрофобных синтетических волокон.

Текстильщики предлагают также «микроратерные» волокна, поверхность которых покрыта углублениями с диаметром несколько сот нанометров. Они хорошо рассеивают падающий свет, что углубляет окраску. Этот принцип в природе используют многие насекомые черного цвета.

Пока природа лучше, чем человек, справляется со многими задачами. Но человек понемногу учится делать все более сложные вещи, поэтому, может быть, завтра производство тканей цвета крыла тропической бабочки или морского перламутра станут рядовыми технологиями.

### Что еще почитать о структурной окраске:

**Г.Е.Кричевский.** Химическая технология текстильных материалов. Учебник для вузов в 3 томах. т.2. Москва, МГУ, 2001, 540 с.

**P.Jucusic, J.R.Sembles.** Photonics structures in biology. Nature, 2003, т.424, с.852–855.

# Алмазы во льдах



С.Анофелес

Фото: Андрей Курбатов

## Наноалмазы дриаса

Одна из загадок древней Земли — исчезновение гигантских животных: мамонтов, шерстистых носорогов, огромных ленивцев, саблезубых тигров и многих других. Считается, что, по крайней мере, в Северной Америке, они вымерли внезапно и это событие совпало как с похолоданием, так и с появлением на континенте первых людей. Впрочем, сами эти люди (создатели так называемой культуры Кловис) тоже вымерли внезапно, а исчезновение следов их поселений совпадает с началом резкого похолодания в позднем дриасе. Оно случилось в Северном полушарии 12,9 тыс. лет назад, пос-

ле теплого периода Бёллинга — Аллерёда и продлилось около тысячи лет (в Южном его, кажется, не заметили). Считалось, что причиной похолодания стал прорыв огромного количества пресной воды из североамериканского озера Агасси в Атлантический океан, вследствие чего Гольфстрим временно ослаб.

Такое объяснение устраивает не всех специалистов: многие находят, что оно плохо подтверждено экспериментальными данными. Пытаясь в прямом смысле слова докопаться до истины, скептики выяснили, что в слоях осадочной породы начала позднего дриаса есть необычные отложения (см. «Химию и жизнь», 2009, № 9). Например, там найдены формы наноалмазов, которые на Земле могли образоваться только в том случае, если о Землю ударилось космическое тело. Однако другие ученые утверждают, что наноалмазы идентифицированы ошибочно, и если разобраться, то никакой аномалии не будет: алмазы

окажутся графитом, графеном, а то и вовсе медью, причем все такие частички равномерно рассеяны по всей толщине почвы с древности до наших дней. Хотя наноалмазы и не единственный аргумент сторонников ударной гипотезы, но для выяснения истины ученым очень пригодился бы слой с наноалмазами, найденный выше отложений предшествующего оледенения.

И нет для такой задачи ничего лучше, чем древний лед. Именно за ним и отправилась на юго-западное побережье Гренландии осенью 2008 года группа американских исследователей из университета штата Мэн. А потом вместе с коллегами из 14 других университетов США и Дании они поставили серию тонких экспериментов, проведение которых, как, впрочем, и сбор образцов, потребовало глубоких знаний в самых разных областях химии и физики, а также отличного владения современными научными приборами.



Наноалмазы найдены в слоях породы, отвечающих позднему дриасу во всей Северной Америке (указано их содержание в частях на миллиард). Однако максимум приходится на южное побережье озера Мичиган.

Если такой максимум — следствие того, что гипотетическое небесное тело или его крупный фрагмент упал неподалеку, то пыль от падения вполне могла долететь до ледника на юго-западе Гренландии



Пила, стамеска и ледоруб — инструменты гляциолога. А упаковывают образцы в полиэтиленовые пакетики

Фото: Андрей Курбатов



Ящик для перевозки образцов льда

## Полосы на льду

Согласно наблюдениям специалистов, которые изучают древний лед Гренландии, появление в нем большого количества пыли из пустынь Азии (его нетрудно оценить на глаз) соответствует похолоданиям климата. Именно во время похолоданий возникают благоприятные условия для переноса пыли атмосферными потоками на большие расстояния.

Казалось бы, древний лед должен находиться в глубине. Это не так. Ледник медленно течет и древние слои выходят на поверхность. Когда лед подтаивает вода утекает, пыль остается и получаются хорошо заметные полосы разного цвета — в зависимости от содержания пыли в том или ином слое.

Это наблюдение помогло исследователям осуществить первый этап работ — сбор образцов. Современный лед, лед голоцена, — в целом прозрачный. Ему предшествует пыльный лед позднего дриаса, затем идет прозрачный лед Бёллинга — Аллерёда, за ним — пыльный лед древнего дриаса. Обнаружив такое чередование полос, исследователи стали рубить поперек них траншею метровой глубины, аккуратно упаковывая извлеченный лед с шагом 15 сантиметров — это соответствует 50—100 годам. Длина траншеи составила 17 метров и захватила период от начала Бёл-

линга — Аллерёда до начала голоцена. Образцы, тщательно отобранные из кубометров льда, отправили в лабораторию, где стали подвергать изощренным химическим превращениям.

## Измерение кислорода

Прежде всего надо было убедиться, что лед действительно соответствует тому времени, которое определили по содержанию пыли. Для этого измеряют аномалию в содержании тяжелого изотопа  $^{18}\text{O}$ . Дело в том, что в 0,2% молекул воды присутствует тяжелый стабильный изотоп кислорода  $^{18}\text{O}$ , а в остальных —  $^{16}\text{O}$ . Чем выше температура воздуха, тем с большей вероятностью с поверхности океана испарится именно молекула тяжелой воды. Потом она выпадет вместе со снегом на леднике, и лед «потяжелеет». А если холодно, то и лед станет «легче». Калибровка этого метода ранее показала, что аномалия содержания  $^{18}\text{O}$  в одно промилле может соответствовать изменению температуры на три градуса.

Чтобы измерить такую аномалию, в специальные миллилитровые пробирки с внутренней полостью в форме конуса налили по 375 мкл растопленного льда. Затем образцы упаковали в герметичный пакет и выдули из него весь воздух изотопно-чистым углекислым газом, то есть состоящим из углерода-12 и кислорода-16. Сосуды герметично заткнули пробками и

оставили в покое. За ночь в них наступило изотопное равновесие между водой и газом:  $\text{H}_2^{18}\text{O} + \text{C}^{16}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2^{16}\text{O} + \text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$ . Делают так для того, чтобы в исследуемое вещество не попало каплей посторонней воды. Затем, проткнув шприцем пробку, газ извлекают, прогоняют его сквозь холодильник с температурой 80 градусов мороза (так избавляются от остатков воды) и отправляют в масс-спектрометр. В нем молекулы разной массы разлетаются друг от друга, их можно пересчитать и определить аномалию. А отсчитывают ее от стандартных образцов, например от Венского стандарта морской воды. Для уверенности такое же сравнение провели еще с двумя образцами стандартной воды. Оказалось, что полученные данные в пределах разброса соответствуют результатам измерения аномалии  $^{18}\text{O}$  для гренландского льда, полученного бурением глубоких скважин. А значит, необычный способ сбора образцов — с поверхности ледника — не привел к серьезным ошибкам, слои, соответствующие позднему дриасу, древнему дриасу и началу голоцена, были идентифицированы правильно.

## Кислота и щелочь

Далее началась работа по извлечению наноалмазов из льда. Сначала лед топили, а воду из него выпаривали. Делать это нужно было аккуратно, при температуре не выше 60°C, поскольку искомые наноалмазы — довольно нежные: в силу своей метастабильности при избыточном нагреве они легко переходят в другие формы углерода. Естественно, перед началом работы образцы взвешивают, чтобы потом можно было посчитать концентрацию наноалмазов.

Как найти наноалмазы, если они смешаны с пылью, содержащейся во льду? Наноалмазы вообще-то гидрофобны, но могут быть покрыты «шубой» из других веществ, которая делает их гидрофильными. Это мешает очистке. Поэтому на втором этапе их час-два отмывают в концентрированной соляной кислоте, воздействуя еще и ультразвуком. Затем алмазы переводят в коллоид, заливая их раствором аммиака с сильной щелочной реакцией, прогревают пару суток и отделяют частицы глины в центрифуге. Коллоидный раствор сливают и упаривают, а оставшийся осадок снова обрабатывают

Директор Института изменения климата Университета Мэна Пол Маевский (крайний слева) и участники съемочной группы дошли до объекта исследования



Фото: Андрей Курбатов

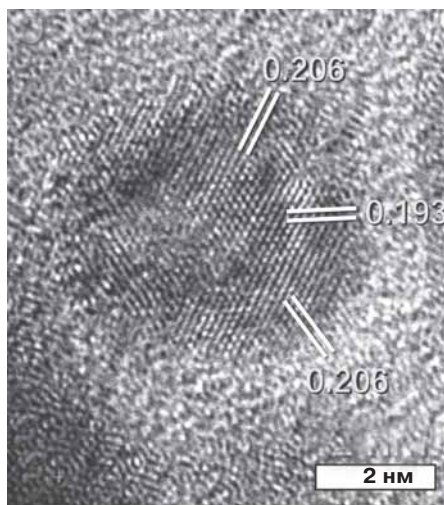
аммиаком. И так до пяти раз — чтобы получить как можно больше наноалмазов. Затем следует флокуляция, то есть осаждение коллоидного раствора — опять в соляной кислоте. Осадок наноалмазов отжимают в центрифуге, а в жидкости остаются соли — их в гренландском льду много, а в дальнейшем они помешают, если от них не избавиться. И теперь можно начать собственно исследование.

## В электронном микроскопе

Сам по себе наноалмаз в электронный микроскоп не положишь. Для этого нужна подставка — сетка диаметром 3 мм и с шириной ячеек 300 мкм. Поскольку образец под электронным лучом нагревается и может вступить в реакцию с материалом сетки, она должна быть покрыта инертным углеродом.

Чтобы приготовить образец, наноалмазы опять разводят несколькими каплями щелочи, делая коллоидный раствор. Пипеткой его капают на сетку, размазывают каплю по ней, а излишек раствора той же пипеткой удаляют. Высушенную сетку можно ставить в держатель образцов микроскопа. Чтобы оценить концентрацию наноалмазов, ее следует взвесить до и после высушивания.

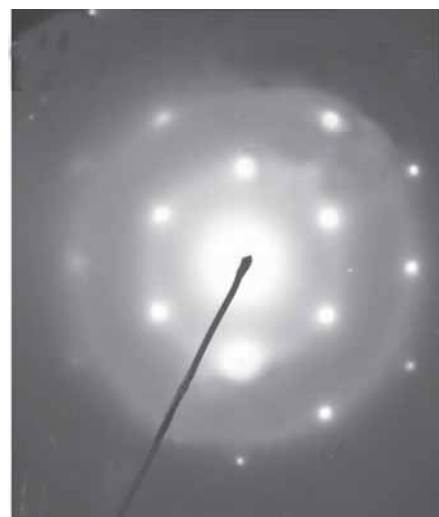
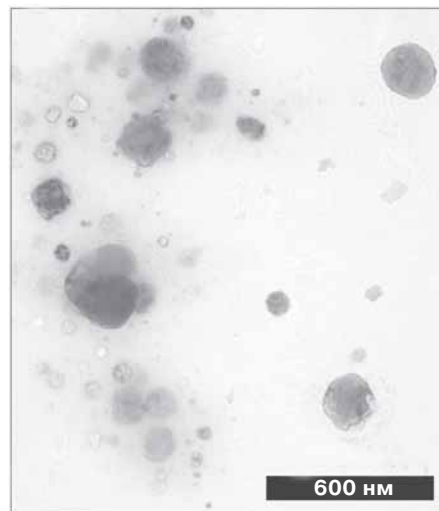
И вот образец в микроскопе. Электронный луч проходит сквозь него и дает на экране изображение. Можно диафрагмой вырезать участок изображения, переключить микроскоп в другой режим и увидеть картинку микродифракции — отражений электронов от кристаллической решетки образца, где каждая яркая точка (рефлекс) соответствует своей плоскости этой решетки. Такая картинка очень важна. Измеренное линейкой расстояние от ее центра — первичного пучка — до каждого рефлекса связано с реальным расстоянием до соответствующей плоскости решетки от центра координат. Последовательность таких межплоскостных расстояний уникальна для каждого вещества. Таким образом, построив ряд межплоскостных расстояний, можно понять, что за вещество видно на изображении. Здесь есть некоторая трудность: если образец приготовлен не очень хорошо или за время исследования на нем что-торосло или осело — какой-нибудь оксид или масло из вакуумного насоса, то появятся лишние рефлексы. То же самое случится, если решетка несовершенна, например, в ней есть двойники — области, в которых решетки зеркально отражены. Искусство исследователя состоит в том, чтобы выбрать правильные рефлексы, соответствующие именно изучаемому веществу. Впрочем, современные микроскопы позволяют видеть сами кристаллографические плоскости — это называется «прямое разрешение решетки». Тогда расстояние между ними измеряют напрямую, и такое наблюдения служит контролем к расчету по микродифракции.



*Частицы лондейлита (наноалмаза с гексагональной решеткой) под электронным микроскопом. Слева — прямое разрешение решетки; по нему измеряют расстояния между кристаллографическими плоскостями (соседние плоскости обозначены белыми линиями, а числами — расстояния между ними в нанометрах). Внизу — микродифракция от кристалла лондейлита. Четкие симметрично расположенные рефлексы означают, что объектом исследования служит частичка с высоким совершенством решетки*

Как оказалось, в образце есть две фазы наноалмазов — лондейлит (алмазы с гексагональной решеткой, твердость которых на 50% выше, чем у обычных) и алмазы с кубической решеткой. Наборы их межплоскостных расстояний хорошо совпали с табличными значениями. Есть мнение, что эти вещества можно спутать с медью, кварцем, рутилом, графитом или графеном, поскольку у них межплоскостные расстояния лишь на несколько процентов отличаются от наноалмазных. Анализ этой ситуации показал, что у таких возможных двойников либо есть дополнительные плоскости, либо отсутствуют какие-то плоскости, существующие у наноалмазов. Другим аргументом служит округлая форма наноалмазов. Частицы других подозрительных веществ время от времени попадали в поле зрения исследователей, однако их форма оказалась иной. Точно так же эта форма отличается от тех, что есть у наноалмазов, которые найдены в метеоритах.

Специально для сравнения ученые изучили наноалмазы из трех метеоритов. В одном, из класса уреилитов (это название произошло от мордовского села Новый Урей, где нашли такой метеорит в 1886 году), были замечены угловатые формы лондейлита. В двух других, принадлежащих к классу углистых хондритов, были кристаллы п-алмазов, которые приняли граненую форму. С другой стороны, обнаруженные в гренландском льду наноалмазы были подобны тем, что нашли предыдущие исследователи в Северной Америке. Более того, кристаллографически они оказались такими же, как

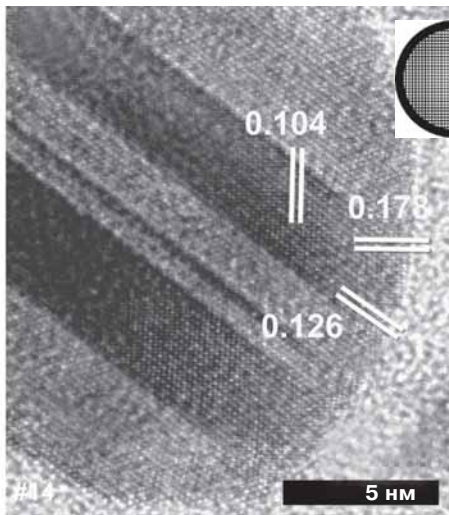
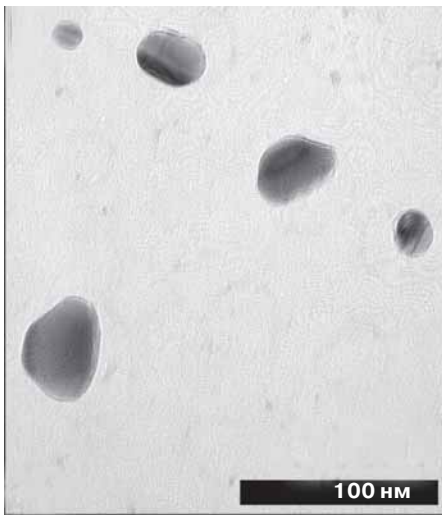


наноалмазы из кратера Попигай в Якутии, происхождение которого от удара метеорита ни у кого не вызывает сомнения. Правда, попигайские наноалмазы были не округлыми, а угловатыми.

Чтобы подтвердить, что это именно наноалмазы, их подвергли дополнительным исследованиям, например энергодисперсионному микроанализу. Суть этого метода в том, что электроны первичного пучка, проходя сквозь образец, возбуждают его атомы. Это возбуждение снимается за счет вылета вторичных электронов из внутренних оболочек атома (их называют Оже-электроны в честь Пьера Оже, открывшего эффект в 1925 году) либо электромагнитным излучением. Замечательная черта вторичного излучения в том, что по его энергии можно определить, какой элемент его создал (к сожалению, метод работает для элементов, тяжелее углерода). Этот анализ показал: в частицах наноалмазов действительно присутствует примесь меди и кремния, но в ничтожном по сравнению с содержанием углерода количестве — менее 1%.

## Расчет

Убедившись в том, что выделенные в результате химической обработки льда частицы — действительно наноалмазы,



Диаметр сетки для размещения образцов в электронном микроскопе составляет три миллиметра



## ЭКСПЕРИМЕНТ

редное похолодание. В среднем концентрации наноалмазов в слое, непосредственно предшествующем позднему дриасу, составила 50 частей на миллиард. Огромное различие концентраций наноалмазов, видимо, говорит о том, что в соседние слои, особенно в нижележащие, они попали позднее, в результате процессов, идущих во льду при солнечном нагреве.

Откуда же могли взяться эти наноалмазы? В 2002 году Пол де Карли из Стэнфордского института получил лонсдейлит при нагреве углерода до 1000—1700°C под давлением более 15 ГПа с последующим быстрым охлаждением. С другой стороны, Марияма Такеру с коллегами из Института загрязнения и ресурсов (Онагава) получил в 1992 году лонсдейлит, напыляя нагретую до 1300°C углеродную плазму на горячую подложку. Примерно такие условия возникают при ударе о землю космического тела, которое летит со скоростью, многократно превосходящей скорость звука. С п-алмазами ситуации сложнее. Их получают во время взрыва тринитротолуола при недостатке кислорода. Эти условия, видимо, возникают спустя некоторое время после удара, когда разогретое вещество начинает конденсироваться.

В общем, проведенное международной научной группой расследование свидетельствует: гипотеза охлаждения планеты 13 тысяч лет назад в результате падения космического тела имеет веские основания и нуждается в тщательной проверке различными научными методами. Более того, все остальные внезапные колебания климата, а они, как мы знаем из изучения ледовых колонок, случались часто в истории Земли, требуют столь же пристального внимания, чтобы мы могли понять механизмы, контролирующие эти изменения.

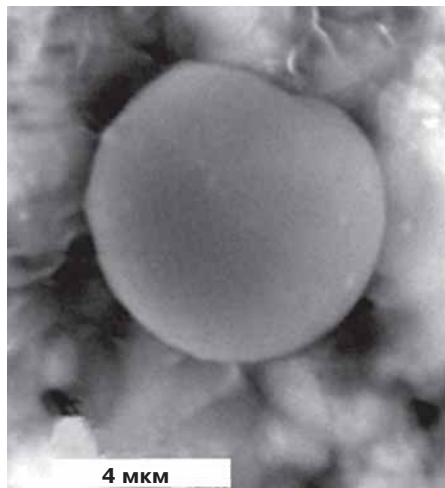
Подготовлено по материалам статьи A.V.Kurbatov et al., «Discovery of a nanodiamond-rich layer in the Greenland ice sheet», Journal of Glaciology, 2010, т. 56, № 199 с согласия авторов и с помощью А.В.Курбатова. Микрофотографии перепечатаны из Journal of Glaciology с разрешения Международного гляциологического общества

Так под электронным микроскопом выглядят п-алмазы с кубической решеткой. Темные полосы на их изображениях называются двойниками. Это дефекты кристаллической структуры; решетки соседних полос находятся под таким углом друг к другу, что кажутся зеркальными отражениями. Обычно двойники возникают при сильной и быстрой деформации. А у частиц лонсдейлита никаких двойников нет. Микродифракция (внизу) с большим количеством размытых рефлексов означает, что в ее формировании участвовало несколько кристаллов, решетки которых несовершенны

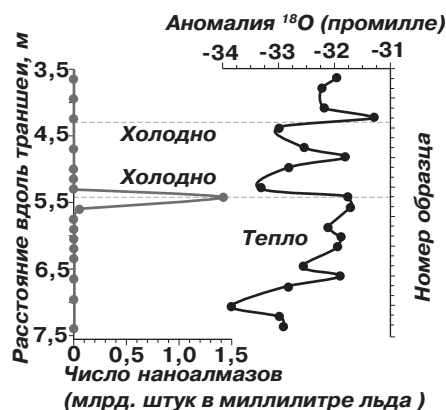
также вес нанесенного на нее образца, можно было посчитать концентрацию частиц в исходной капле, а потом пересчитать ее на образец льда.

Результат выглядит так. В двух слоях (по аномалии тяжелого кислорода они соответствуют самому началу позднего дриаса), концентрация наноалмазов оказалась велика: 57 миллионов и 1 миллиард 415 миллионов штук в миллилитре. В слоях, расположенных ранее, то есть ниже, на протяжении 110 см их содержание было около тысячи штук на миллилитр. А выше шлейф наноалмазов прослеживался на 55 см с максимум 5 тысяч частиц на расстоянии 30 см от максимума. Кстати, именно тогда наступило оче-

исследователи приступили к решению главной задачи: стали подсчитывать, сколько этих частиц содержится в том или ином образце льда. Подсчет показал, что частицы лонсдейлита и п-алмазов составляют две трети от общего количества частиц, попавших в поле зрения микроскопа. Размер первых был 2—40 нм, вторых 4—200 нм. Зная эти размеры, среднее число наноалмазов, встретившихся на исследуемой сетке, а



Так выглядит типичная неалмазная частица, содержащая много углерода



Лед, образовавшийся в начале холодного периода, содержит больше всего наноалмазов

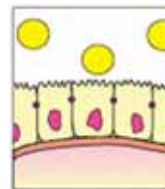
**Доставка РНК по назначению**

Создан полимер, который позволяет доставить лекарство именно к месту воспаления.

Упаковать лекарство в наночастицу — это полдела. Нужно еще открыть получившийся контейнер там, где лекарство будет действовать правильно, а не уничтожать все оказавшиеся рядом клетки. Химики из Технологического института Джорджии и Университета Эмори во главе с доцентом Дидье Мерлином и профессором Шанти Ситараманом решили применить в качестве контейнера частицы из поли(1,4-фениленацетондиметилен-тиокетала). Лечить же ими собрались воспаления желудка и кишечника. Дело в том, что тиокеталь не разлагается ни в кислой, ни в щелочной среде, а только под действием активных форм кислорода. А они, эти формы, концентрируются именно в том месте, где возникло воспаление.

Для проведения первых опытов ученые поместили в наночастицы малые РНК. Попадая в больную ткань, они проникают внутрь клетки и вызывают явление РНК-интерференции, открытие которой было отмечено Нобелевской премией по физиологии и медицине 2006 года (ее получили Эндрю Файр и Крейг Мелло). В результате сокращается выработка одного из цитокинов, а именно фактора некроза опухоли. Это вещество уничтожает больные клетки, стимулирует иммунитет, но если его слишком много, то страдают и здоровые ткани. Подопытные мыши, болеющие колитом, испытывали облегчение от приема лекарства, которое им давали с пищей. Показано, что тиокеталь не опаснее разрешенного к применению полилактата, а значит, такие наночастицы в будущем помогут лечить многие болезни, начиная от рака желудка и кончая вирусными инфекциями кишечника.

«Nature Materials»  
10 октября 2010,  
doi:10.1038/nmat2859

**Конверсия улитки в слизняка**

С помощью платины можно запретить улитке выращивать внешнюю ракушку.

Исследуя действие тяжелых металлов на водных жителей, аспирантка Тюбингенского университета (ФРГ) Рафаэла Остерауэр наблюдала интересное явление: под влиянием ионов платины (а они попадают в окружающую среду из-за разрушения катализатора в выхлопной трубе автомобиля) морская улитка *Marisa cornuarietis* становилась какой-то уродливой. Желая выявить механизм, Рафаэла провела серию опытов и обнаружила, что при развитии улитки есть совсем небольшой промежуток, всего два дня, когда можно поменять ее судьбу. В эти дни воздействие большой концентрации ионов двухвалентной платины изменяет программу развития организма. И тогда железа, которая отвечает у улиток за рост ракушки, окажется не снаружи тела, а внутри, и вместо улитки вырастет слизень. (У слизняков тоже есть ракушка, только она внутренняя и маленькая.) Искусственно полученные слизняки далее развивались вполне нормально, и к полугоду у них формировалась обширная внутренняя раковина в виде широкого конуса.

Эти моллюски не были мутантами, причина оказалась в регуляции генов на определенной стадии развития эмбрионов. Ученые обрадовались, обнаружив столь простой способ регуляции, как кратковременное воздействие ионами металла, и надеются в ближайшем будущем выявить, как это работает и нельзя ли так же воздействовать на развитие каких-либо других органов моллюска.

«Evolution & Development»,  
2010, т. 12, с. 474.

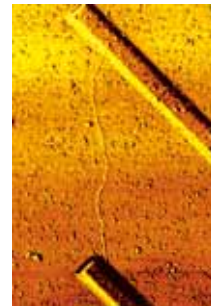
**Мат как мозг?**

Нанопровода, соединяющие колонию бактерий, действительно проводят электрический ток.

Четыре года назад у некоторых бактерий были обнаружены интересные образования — длинные выросты мембраны, своеобразные нанопровода, которые пронизывают бактериальный мат. Тогда Юрий Горби из Института Дж.Крейга Вентера в Сан-Диего (США) предположил, что по этим проводам бактерии отсылают в окружающую среду возникающие при дыхании электроны, а стоком служит кусочек металла или его оксида. А если бактериям некуда девать электроны, они быстро погибают. Теперь Моха-мед Эль-Наггар из университета Южной Калифорнии установил, что ток действительно проходит по нанопроводу. Он поместил мат из анаэробных бактерий *Shewanella oneidensis* на подложку с микроэлектродами. Когда цепь замыкали, ток тек, а если какой-то из нанопроводов перерезали, между соответствующими точками ток прекращался.

«Видимо, с помощью нанопроводов бактерии передают электроны с дальнего конца мата на тот, который ближе к металлу-окислителю. Таким образом, объединившись в сообщество, бактерии проявляют кооперативное поведение и обеспечивают выживание всем, — говорит Эль-Наггар. — Не исключено, что внутри мата идет не только перекачка электронов, но и обмен информацией». — «Обычно считается, что бактерии обмениваются химическими сигналами. Однако, имея в руках телеграф, нелепо передавать сообщения с помощью дыма костров», — комментирует еще один соавтор статьи Кеннет Гельсон. В общем, возникает мысль: а не из таких ли матов образовалась нервная система — в ней тоже информация идет по проводам.

«Proceedings of the National Academy of Sciences», 11 октября 2010, doi: 10.1073/pnas.1004880107



**Ультразвук лечит перелом**

После применения слабого ультразвука кости срастаются гораздо лучше.

BMC Musculoskeletal Disorders, 2020, т. 11, с. 229.

Многие сомневаются в чудодейственной целительной способности слабого ультразвука и причисляют изготовителей таких приборов к шарлатанам. Подобная точка зрения имеет обоснование: согласно законам статистической физики, заметить воздействие источника энергии, мощность которого сравнима с тепловым движением молекул, невозможно. Однако, как отмечал еще Рене Декарт, любая теория меркнет перед экспериментальными данными.

Например, медики из университетского госпиталя в Марбурге и Ульмского университета во главе с доктором Йоном Блоком по просьбе компании, изготавливающей слабые ультразвуковые устройства, провели первую стадию клинических испытаний. В них участвовал 101 человек с переломом голени. Половине из них по 20 минут в день в течение 16 недель облучали место перелома ультразвуком, а в контроле из устройства никакого звука не шло. Как и положено, опыт проходил при случайном выборе пациентов. Результат поразил ученых: минеральная плотность кости в экспериментальной группе оказалась в среднем на 34% больше, чем в контроле, то есть кость у них срослась гораздо прочнее. Наверное, скептикам полезно задуматься над этим результатом.

**Награждение непричастных**

От трансгенной кукурузы больше всего выигрывают фермеры, которые сажают обычные растения.

«Science», 2010, т. 330, № 6001, с. 222.

Трансгенная кукуруза широко распространилась в США. А замечательна она тем, что из-за внедренного в нее гена вырабатывает токсин почвенной бактерии *Bacillus thuringiensis* и оказывается вредителям не по зубам (то есть не по жвалам). Даже таким злостным, как гусеницы кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis*. Трансгенные растения существенно уменьшили его численность на полях кукурузоводческих штатов — Висконсина, Миннесота, Иллинойса, Айовы и Небраски.

Ученые из Висконсинского университета решили посчитать выигрыш от этой меры. Оказалось, за 1996–2009 годы он составил в этих пяти штатах 6,9 млрд. долларов. Однако большинство этих денег, 4,3 млрд. долларов, досталось тем фермерам, которые такую кукурузу как раз и не сажают. В чем тут дело? Сам по себе выигрыш получается из-за роста урожайности вследствие истребления вредителя. Однако его численность уменьшается на всех полях, а затраты на такую борьбу ложатся на плечи тех фермеров, кто покупает дорогие трансгенные семена. Остальные же получают прибавку даром, лишь от приятного соседства.

**Новости вирусного ожирения**

С вероятностью 79% человек, подхвативший вирус простуды AD36, будет страдать ожирением.

«Pediatrics», 2010, т. 126, с. 705.

Считается, что в ожирении виноват либо сам человек, либо его родители, которые вовремя не сумели сформировать тягу к здоровому питанию. Еще есть мнение, что склонность к ожирению связана с генами и ничего с этим поделать нельзя. Гипотеза вирусного ожирения снимает обвинение с человека и переводит, по крайней мере, некоторые случаи ожирения из разряда плохой привычки или предопределенности в разряд инфекционного заболевания. Ее суть состоит в том, что один из 50 аденовирусов, вызывающих простуду или кишечные заболевания, а именно AD36, способен привести также и к внезапному резкому увеличению числа жировых клеток у человека (см. «Химию и жизнь», 2007, № 6). Очередное доказательство этой гипотезы получил Джеффри Швиммер, доцент Калифорнийского университета в Сан-Диего. Он исследовал группу из 124 детей в возрасте от 8 до 18 лет, причем у половины (67 человек) вес был повышен. У 19 детей он нашел в крови антитела к вирусу AD36. И 15 из них страдали ожирением, причем в наиболее сильной форме: они оказались на 16 килограммов тяжелее, чем все полные дети в среднем (а разница с худыми была почти 23 килограмма). Значит, вирус нес ответственность за ожирение в 22% (15 из 67) случаев, а вероятность получить ожирение после простуды, вызванной вирусом AD36 составила 79% (15 из 19).

Из этого исследования следуют два вывода. Первый — к вирусной гипотезе надо относиться со всей эпидемиологической серьезностью. Второй — коль скоро некоторым людям эта зараза ни почем, значит, способы лечения или предотвращения вирусного ожирения существуют. Надо только хорошенько поискать.

**Охлаждение инфаркта**

Понижение температуры тела защищает сердце при инфаркте.

«Cardiovascular Interventions», 2010, doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.110.957902

Один из методов борьбы с инфарктом — так называемая экстренная коронарная баллонная ангиопластика: в сосуд на бедре или на руке вводят катетер, доводят его до места закупорки коронарной артерии, где и надувают расширяющий ее баллончик. После этого кровь снова может течь свободно. Такая операция требует времени, а его-то как раз и нет, поскольку оставшаяся без питания сердечная мышца стремительно умирает. Замедлить процесс можно, снизив температуру тела. Но как это сделать?

Ученые из Лундского университета во главе с профессором Дэвидом Эрлинге разработали следующую методику. Как можно раньше после инфаркта человеку вводят физиологический раствор, охлажденный до 35°C. Быстро распространяясь по кровеносным сосудам, он попадает в сердце и охлаждает его. После охлаждения проводят операцию холодным катетером. В результате выживание пациентов с инфарктом увеличилось на треть. И охлаждение, и ангиопластику проводят без наркоза, и человек не чувствует особого дискомфорта. Обрадованные успехом шведские кардиологи собираются приступить к широким испытаниям своего метода.

# Душа вкуса

Р.Акасов

Если вы спросите биохимика, какая из аминокислот для человека самая нужная, он вряд ли ответит вам на этот вопрос. А для экономиста ответ очевиден: разумеется, глутаминовая. Три миллиона тонн в год — именно столько этого вещества производят сейчас на планете. При этом производство постоянно растет, но пока еще не сумело догнать потребление — дефицит глутаминовой кислоты оценивают в 800–900 тысяч тонн в год. Ближайший преследователь — аминокислота лизин с годовым производством около 1 100 000 тонн. Остальные отстали от лидера еще больше. Как стать чемпионом среди аминокислот? Об этом в сегодняшней статье.

## Соль из водорослей

Открытие глутаминовой кислоты произошло довольно тихо. Немецкий химик Генрих Риттхаузен в 1866 году выделил ее из растительного белка, в частности из клейковины пшеницы. По традиции название новому веществу дал его источник: *das Gluten* в переводе с немецкого — клейковина. Кстати, два года спустя Риттхаузен выделил другую аминокислоту из проростков спаржи, которая носит латинское родовое название *Asparagus*. Нетрудно догадаться, что этим веществом была аспарагиновая кислота.

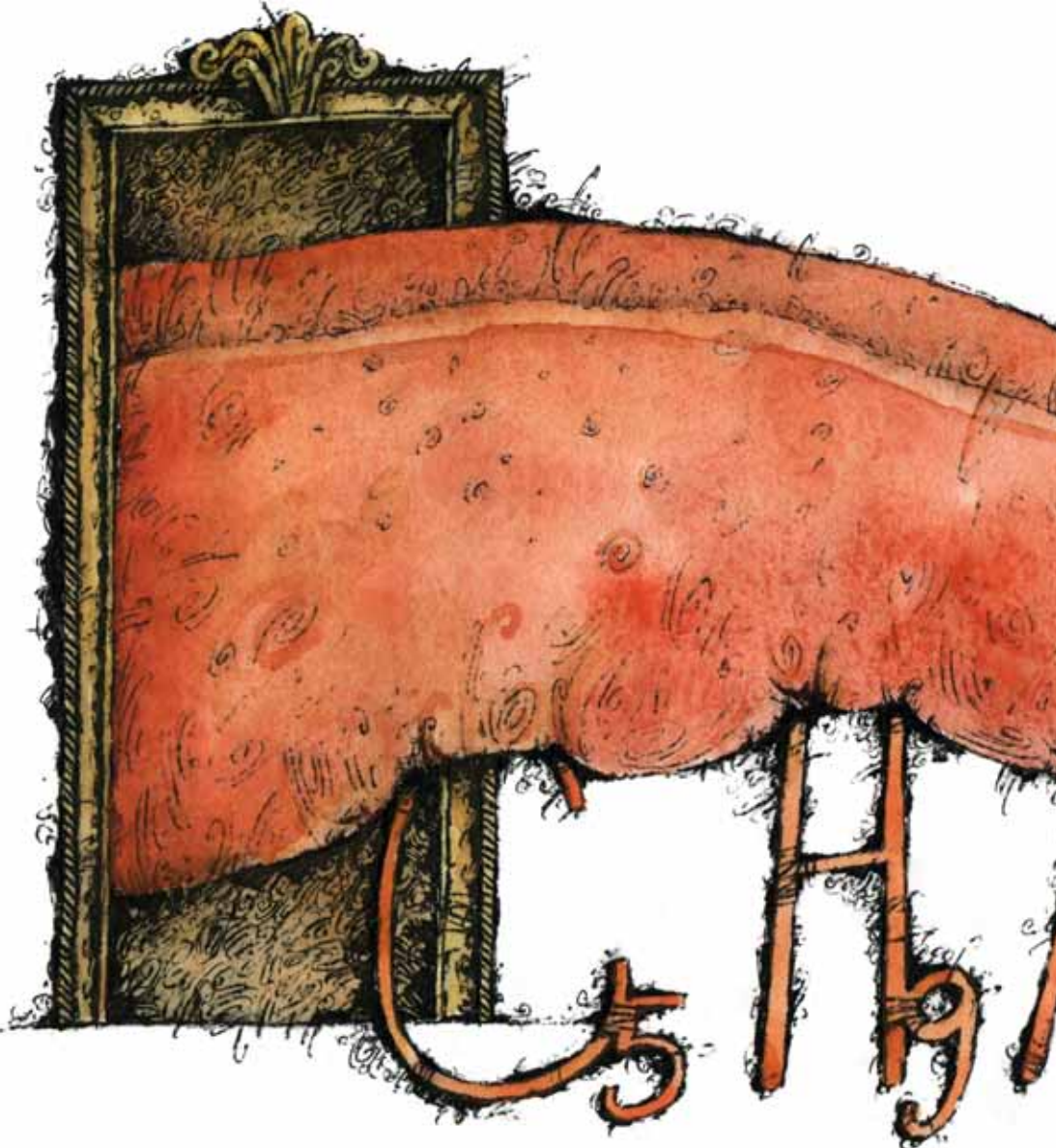
Напомним, что аминокислоты — органические соединения, в которых, как следует из названия, содержатся и карбоксильные и аминные группы. В живых организмах встречается около 300 аминокислот, из них 20 входят в состав белков человека, а 10 из этой двадцатки — «незаменимые», то есть наш организм не способен их синтезировать и должен получать с пищей.

Глутаминовая кислота — одна из самых распространенных в составе белков, более того, среди оставшихся 19 белковых аминокислот есть и ее производное глутамин, который отличается от нее лишь дополнительной аминогруппой. Но для организма это два разных вещества, каждое со своими биохимическими функциями, и путать их не стоит. А вот глутамат — это почти та же глутаминовая кислота, только в виде соли. Вообще-то соль глутаминовой кислоты следует назы-

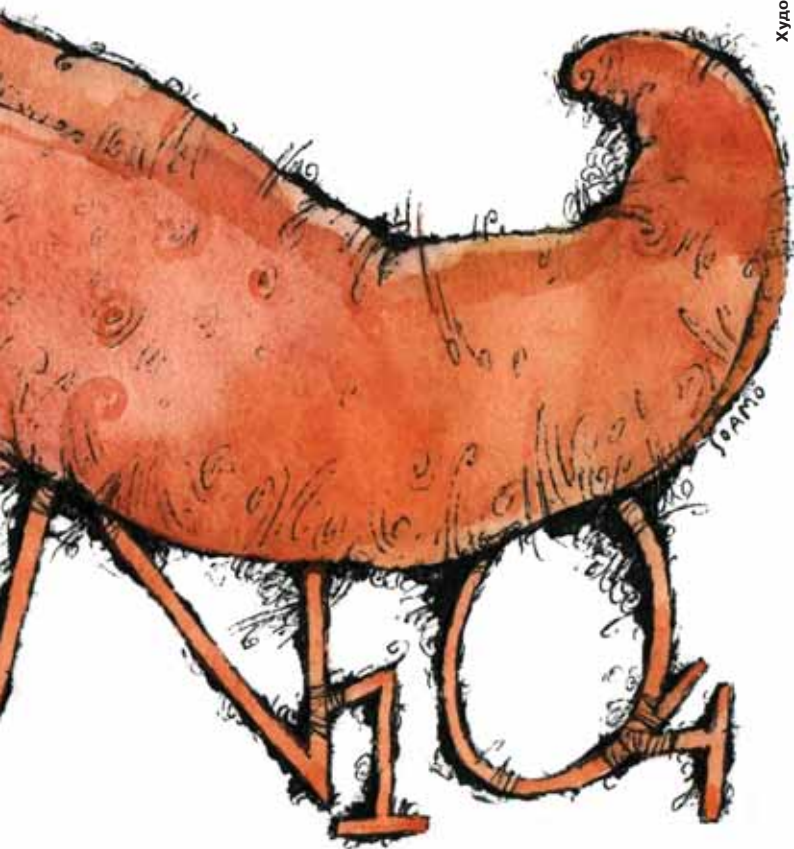
вать глутаминатом, но из-за английского написания веществ *glutamic acid* — *glutamate* и не очень внимательных переводчиков в языке закрепился «глутамат». Впрочем, российская наука, даже самая официальная, совсем недавно сталкивалась и не с такими «трудностями перевода», так что не будем слишком строги.

Глутаминовую кислоту иногда называют еще и глютаминовой, реже — альфа-аминоглутаровой. Совсем редко, хотя и химически правильно — 2-аминопентандиовой. За всеми этими названиями скрывается одна и та же формула  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$  и одно и то же вещество, в чистом виде представляющее собой непримечательные бесцветные кристаллы, плохо растворимые в воде.

Настоящая же история глутаминовой кислоты началась в XX веке, когда профессор Токийского университета Икеда Кикунэ задался вопросом: почему пища становится вкуснее и аппетитнее, если ее удобрить некоторыми видами сушеных водорослей, давно известных кулинарам Юго-Восточной Азии? В 1907 году Икеда выделил из водорослей ламинарии и конбу глутаминовую кислоту и выяснил, что именно она отвечает за их характерный вкус, а двумя годами позже запатентовал технологию производства ее натриевой соли из водорослей. Вкус, который эта приправа придавала пище, невозможно было назвать ни соленым, ни кислым, ни горьким,







импульс. Когда мы добавляем глутамат в пищу, происходит нечто похожее: молекула аминокислоты взаимодействует с вкусовыми рецепторами языка и возбуждает их, усиливая чувствительность.

### Опасно или полезно?

С момента начала промышленного производства глутаминовой кислоты и до сих пор применение этого вещества только росло. Впрочем, как выяснилось, далеко не всем это оказалось по вкусу — в самом прямом смысле. В середине 70-х годов американский нейрофизиолог Джон Олни, работая с крысами, заявил, что глутамат натрия может вызывать у них повреждение мозга. А японский ученый Огуро Хироси предположил, что эта добавка изменяет сетчатку глаза у крыс. Вскоре посыпались жалобы от людей, часто употребляющих пищу с глутаматом натрия. Головная боль, усиленное сердцебиение, тяжелое дыхание, общая слабость и жар — эти симптомы стали называть «синдромом китайского ресторана».

К счастью, дальнейшие исследования оказались куда более обнадеживающими. Эффекты, отмеченные у крыс, не проявлялись в организме человека. А «синдром китайского ресторана» оказался излишне раздутым: достоверной связи между употреблением глутамата и неприятными эффектами доказано не было, в том числе и в экспериментах со «слепым» контролем. Что, впрочем, не отрицает возможности индивидуальной аллергической реакции на тот или иной компонент незнакомой кухни — хотя бы и на глутамат натрия.

Однако все случилось как в старом анекдоте: ложечки нашлись, а осадок остался. Многие люди уверены в негативном влиянии глутамата натрия, и некоторые телевизионные передачи любят поугадать зрителей «химией». Но все это по большей части страшилки на пустом месте. В России глутамат натрия (E621), равно как и глутаматы калия (E622), кальция (E623), аммония (E624), магния (E625), а также сама глутаминовая кислота (E620) разрешены к применению — до 10 граммов вещества на килограмм продукта, а в приправах и пряностях допустимая концентрация еще выше. Впрочем, к розничной продаже не допускаются глутаматы магния и аммония. Все это регулируется Санитарными нормами и правилами (СанПиН 2.3.2.1293-03). Более того, и сама кислота, и ее соли признаны безопасными во всем мире, в том числе и Всемирной организацией здравоохранения.

Сегодня глутаматы используют для усиления вкуса и аромата супов, бульонов, в том числе быстрого приготовления, в чипсах, соусах, разнообразных мясных продуктах, в консервах. Дозировка — примерно 0,1—0,5%, то есть на килограмм продукта выходит от 1 до 5 граммов глутаминовой кислоты. Учитывая, что в связанном

ни тем более сладким. Поэтому он получил собственное название «умами», который на русский язык обычно переводят эпитетом «мясной вкус».

Приправа, производившаяся под торговым названием «Ajinomoto», то есть «душа вкуса» (так же называлась и компания-изготовитель), быстро стала популярной, однако на Западе о ней узнали лишь после Второй мировой войны. Идею использовать глутамат натрия как усилитель вкуса подсмотрели американцы. До этого насыщенный мясной вкус пище придавали в основном с помощью жиров. В 1947 году добавку начинают официально использовать в США. Ее новое название — MSG, Mono Sodium Glutamate, моносодиевая соль глутаминовой кислоты.

При этом глутаминовую кислоту использовали еще и в психиатрии как стимулирующее и возбуждающее средство. Между двумя этими разными применениями одного вещества гораздо больше общего, чем может показаться. Глутаминовая кислота — нейромедиатор, то есть посредник, «эстафетная палочка» нервной системы. Она связывается со специфическими рецепторами нейронов и вызывает их возбуждение. При этом специальный фермент может переводить глутаминовую кислоту в гамма-аминомасляную кислоту (ГАМК), которая играет роль тормозного нейромедиатора, то есть подавляет нервный

виде (то есть в составе белков) мы ежедневно потребляем около 20 граммов этой аминокислоты, прибавка от приправы не столь существенна. К тому же съесть ее слишком много почти так же трудно, как есть пересоленную или переперченную пищу. Глутаматы обычно добавляют в продукт вместе с солью, при этом дозировку соли уменьшают на 10%. Кроме того, глутамат часто используют в смеси с инозинатом и гуанилатом натрия (соли нуклеотидов, тех самых, из которых состоит ДНК). Смесь этих веществ в определенном соотношении, называемая глутинатом, дает более сбалансированный вкус и позволяет снизить концентрацию каждого отдельного компонента.

Глутаминовой кислоты много в самых обычных пищевых продуктах — мясе, молоке, овощах. В белках около трети от всего количества аминокислот приходится на долю глутамина и глутаминовой кислоты. Да и наш организм исправно синтезирует эти вещества для своих нужд. Более того, повышенные дозы глутамата назначают при задержках развития, эпилепсии, психозах, депрессиях и многих других болезнях нервной системы. Глутаминовая кислота стимулирует иммунитет и интенсивность метаболизма в целом, так как реакции переаминирования с участием этого вещества сопровождают синтез всех заменимых аминокислот. Кроме того, глутаминовая кислота связывает ядовитый аммиак, выделяющийся при некоторых биохимических реакциях, образуя безвредный и нужный клетке глутамин.

Впрочем, борцов с глутаматом можно понять на какую-то толику. С одной стороны, аминокислоты в продуктах разрушаются при хранении, особенно неустойчив глутамин. Добавление солей глутаминовой кислоты в данном случае лишь компенсирует потерянный вкус. С другой стороны, с помощью приправы можно превратить изначально малосъедобный продукт в нечто аппетитное. И некоторые производители активно этим пользуются. Только вот возможный вред будет исходить от продукта в целом, а никак не от глутамата. Пожалуй, единственная категория людей, которым не рекомендована эта добавка, — это дети до трех лет. Впрочем, требования к детскому питанию вообще очень строги, и к применению разрешено буквально считанное количество добавок.

Самое важное — помнить, что свойства вещества не зависят от метода его получения. Поэтому синтетическая, «химическая» глутаминовая кислота ничем не будет отличаться от природной, если, конечно, мы говорим о чистом веществе. Глутамат в пакетике с приправой — это тот же самый глутамат, который японцы много лет употребляют в составе морских водорослей. И продолжительность жизни у них, между прочим, одна из самых высоких в мире.

## Три миллиона тонн

Именно столько глутаминовой кислоты и ее солей производят сегодня каждый год. Технология, придуманная профессором Икеда — экстрагирование из морских водорослей, — естественно, не смогла бы обеспечить такое количество продукта, даже несмотря на то, что в ламинарии количество глутаминовой кислоты может достигать до 1% от массы водоросли.

Второй возможный путь получения глутаминовой кислоты, долгое время применяемый в Европе и США, — гидролиз белков, например той же клейковины, из которой это вещество впервые было получено. Обычно использовали пшеничную или кукурузную клейковину, в СССР — свекловичную мелассу. Технология достаточно проста: сырье очищают от углеводов, гидролизуют 20%-ной со-

ляной кислотой, нейтрализуют, отделяют гуминовые вещества, концентрируют и осаждают прочие аминокислоты. Оставшуюся в растворе глутаминовую кислоту снова концентрируют и кристаллизуют. В зависимости от назначения, пищевого или медицинского, проводят дополнительную очистку и перекристаллизацию. Выход глутаминовой кислоты при этом — около 5% от веса клейковины, или 6% от веса непосредственно белка.

Возможен и химический синтез глутаминовой кислоты. Сырьем в таком случае служит акрилонитрил, который также используют в производстве синтетического каучука и искусственного волокна. Сам аконитрил получают из пропилена. Реакцию аконитрила с водородом и окисью углерода проводят при высокой температуре и давлении, при этом используется катализатор на основе кобальта. В результате образуется бета-цианопропионовый альдегид. Дальнейшими превращениями его переводят в DL-глутаминовую кислоту, которую затем разделяют на оптические антиподы с помощью непрерывной кристаллизации: L-изомер отбирают как продукт производства, а D-изомер нагревают с водой до температуры 200—220° и превращают опять в рацемическую глутаминовую кислоту.

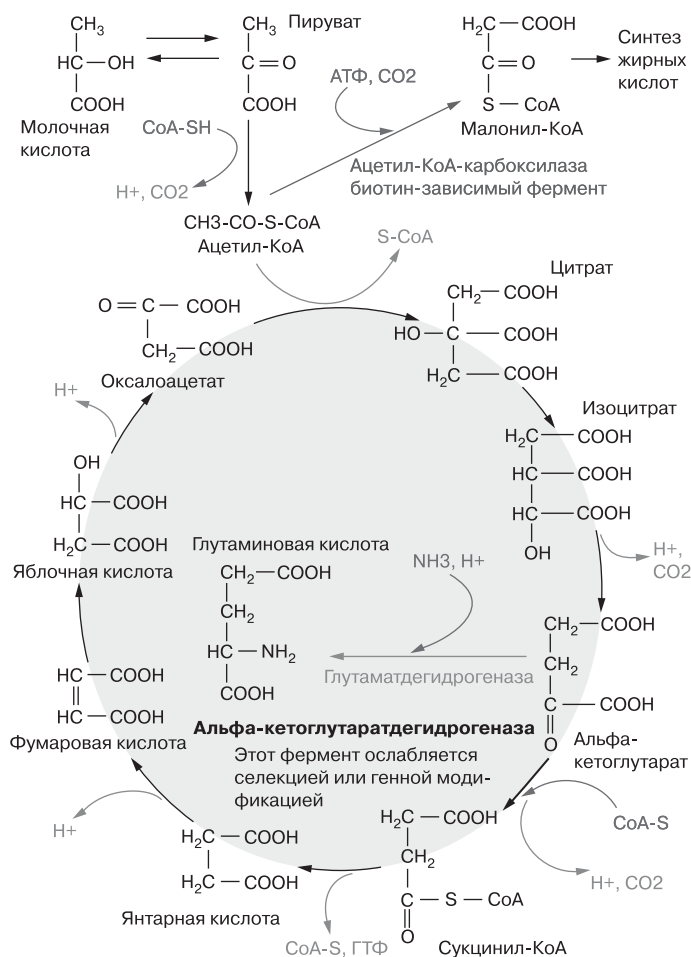
Все перечисленные методы имеют серьезные недостатки: дорогое или неудобное сырье, трудность разделения оптических изомеров. Поэтому настоящий прорыв глутаминовой кислоте обеспечил биотехнологический способ получения. Впервые этот способ применили все в той же Японии в 1957 году. Подходящую бактерию нашли с помощью красивого, хотя и трудоемкого, метода. Большое количество почвенных бактерий высаживали на питательную среду и оставляли расти на некоторое время. Затем эти чашки заливали агаризованной средой с другими бактериями, нуждающимися для роста в глутаминовой кислоте. На тех участках, где эти индикаторные бактерии росли, и следовало искать продуцентов глутаминовой кислоты.

## Кислоту делают бактерии

Производить глутаминовую кислоту в больших количествах могут многие микроорганизмы, но технологи используют в основном бактерии — у них выше выход продукта по отношению к субстрату, до 40—50%. Как правило, к производственной деятельности привлекают *Corynebacterium glutamicum* и *Brevibacterium flavum*, иногда — *Microbacterium* и *Micrococcus*. В среднем для получения тонны вещества требуется 2,4 т крахмала или 7 т мелассы.

Вообще, процесс промышленного получения глутаминовой кислоты словно создан для того, чтобы о нем рассказывать, — настолько он красив и логичен. Представим клетку, растущую в среде с глюкозой. Клетка потребляет вкусную глюкозу и путем гликолиза разваливает ее на две молекулы пировиноградной кислоты, от каждой из которых потом отходит по молекуле CO<sub>2</sub>. В итоге образуются две молекулы ацетила, которые соединяются с переносчиком, коферментом А, и уходят в цикл трикарбоновых кислот. Тут-то и начинается самое интересное.

В цикле ацетил претерпевает ряд превращений и в результате на одной из стадий предстает в виде альфа-кетоглутаровой кислоты, которая на следующем этапе должна окислиться до янтарной кислоты. Если ослабить фермент, отвечающий за эту реакцию, то почти весь ацетил, попавший в цикл трикарбоновых кислот, останется в форме альфа-кетоглутарата. Достаточно присоединить к нему аминокруппу — и получится глутаминовая кислота. Такая реакция называется переаминированием, и она характерна для всего метаболизма аминокислот. Однако накапли-



**Глутаминовая кислота, которую производят микроорганизмы во вполне промышленных количествах, рождается в их клетках в цикле трикарбоновых кислот, или цикле Кребса. Этот циклический биохимический процесс предназначен для извлечения энергии из веществ, которые образуются при распаде углеводов, жиров и белков. В результате клетка получает не только энергию в виде АТФ, но и другие полезные вещества, в том числе глутаминовую кислоту**

вающиеся промежуточные продукты будут замедлять работу цикла, а лишний ацетил клетка использует для производства других веществ. Чтобы этого избежать, ограничивают количество биотина в среде. Этот витамин отвечает за многие реакции, связанные с переносом  $\text{CO}_2$ . Если его много, образуются побочные продукты — аланин, жирные кислоты, аспарагиновая и молочная кислоты. Выход глутаминовой кислоты при этом уменьшается. Но если биотина нет совсем, клетки не смогут расти и делиться.

Вот почему синтез глутаминовой кислоты проводят в два этапа. На первом бактерии растут на богатой питательной среде, в которой присутствует биотин. Клетки быстро делятся и активно потребляют биотин, но почти не производят необходимый продукт. Со временем клеток становится много, а биотина мало. Деление замедляется, но клетки не умирают: у них есть определенное количество запасенной энергии, наработаны ферменты и прочие необходимые вещества. На этой стадии почти весь субстрат превращается в глутамат. Более того, отсутствие биотина делает мембрану бактерий менее плотной, и глутаминовая кислота активно выходит в раствор, не подавляя свой биосинтез и облегчая технологию задачу по выделению. Также в питательную



## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

среду добавляют некоторые поверхностно-активные вещества и антибиотики — это тоже увеличивает проницаемость мембраны.

Важно подбирать и количество кислорода: если его будет много, то бактерии будут интенсивнее расти, тратить больше энергии на производство биомассы и меньше — на синтез продукта. Слишком низкая концентрация кислорода приведет к тому, что бактерии произведут больше аланина и молочной кислоты.

Методы селекции микроорганизмов и генной инженерии способны облегчить задачу технологов. Например, исходный штамм *Corynebacterium glutamicum* синтезировал достаточно много глутаминовой кислоты, до 50 граммов на литр культуральной жидкости, только при условии, что концентрация биотина очень мала — 2–3 мкг/л. Это ограничивало применение свекловичной мелассы — сырья дешевого и доступного, но обычно содержащего много биотина. Исследователи постепенно повышали количество биотина в питательной среде, отбирая те формы, которые были наиболее устойчивы к большому его количеству. В итоге, перебрав около 8000 клонов, они получили штамм, продуцирующий 50 г/л глутаминовой кислоты на мелассе.

Выделить глутаминовую кислоту тоже не так сложно. На первом этапе в культуральную жидкость добавляют известковое молоко или негашеную известь, а затем избыток ионов кальция осаждают фосфорной кислотой. Образующаяся слабо растворимая соль оседает вместе с клетками микроорганизмов. Ее отделяют центрифугированием или фильтрацией, а затем очищают оставшуюся жидкость от пигментных примесей. Осветленный раствор глутаминовой кислоты упаривают и закисляют до pH 3,2. При этом аминокислота начинает осаждаться из раствора, так как именно при таком значении pH ее молекулы перестают электростатически отталкиваться друг от друга. Осадок отделяют, перекристаллизовывают и сушат.

В 1982 году мировое производство глутаминовой кислоты составляло 270 тысяч тонн в год, сегодня — в десять раз больше. Скорее всего, оно будет расти и в дальнейшем. Крупнейшая фирма-производитель — по-прежнему та самая «Ajinomoto», с которой начиналась большая карьера глутамата. Несколько крупных заводов построено в Китае. А вот России глутаминовая кислота, кажется, не нужна — у нас ее не только не производят, но и импортируют весьма неохотно, примерно 10–12 тысяч тонн в год. Точнее, ввозят уже в составе пищевых продуктов. Хотя ресурсы для производства этой аминокислоты в стране есть. И это не только меласса или крахмал. Можно встретить даже проекты по использованию в качестве сырья пивной дробины — крупнотоннажного отхода пивных заводов, коих в России не менее 400 штук. Но, увы, аминокислоты в России практически никто не производит.



# Морские яды

Главными производителями ядовитых веществ долгое время считались наземные организмы, в первую очередь высшие растения и болезнетворные бактерии. Но когда водолазная техника стала более совершенной, и ученые добрались до океанских недр, они нашли в океане множество новых природных соединений. Сегодня установлена структура около 150—200 тысяч природных соединений, и около 20 тысяч нашли в морских организмах. Причем среди них немало экстремально активных, то есть супертоксиков. Известно несколько классов таких веществ. Например, низкомолекулярные токсины (с массой меньше 3500 Да) вырабатывают морские микроорганизмы и беспозвоночные, а высокомолекулярные белковые токсины — кишечнополостные, некоторые рыбы, морские змеи.

Можно подумать — ну что нам эти токсины глубоководных бактерий, ведь едва ли наши пути когда-либо пересекутся! Но, во-первых, токсины могут накапливаться в организмах более крупных обитателей моря, передаваясь по пищевым цепям, или же эти бактерии могут обитать внутри многоклеточного организма как симбионты (подробнее об этом мы расскажем дальше). Во-вторых, токсины морских микроорганизмов — самые активные из всех известных небелковых токсинов. Наконец, в-третьих, их необычные и сложные структуры бросают вызов химикам. Установить их строение, включая стереохимию, и разработать методы синтеза — весьма нетривиальная задача.

Первым из морских токсинов, который в 1909 году выделили и изучили химики, стал тетродотоксин (рис. 1). Наверное, он же и самый известный, поскольку именно он накапливается в кишечнике, половых органах и печени так называемых пufferовых рыб — к ним относится рыба фугу (по-латыни *Fugu vermicularis* или *Tetrodon lineatus*, отсюда название вещества). В Японии она считается деликатесом, несмотря на то, что тетродотоксин почти в 100 раз ядовитее цианистого калия. Неправильно разделанная рыба — и гурманский обед кончится

параличом диафрагмы и остановкой дыхания. Позднее это же соединение обнаружили у пресноводных тритонов *Taricha*, жаб *Atelopus*, осьминогов, отдельных групп крабов. Оказалось, что тетродотоксин — вовсе не «яд рыбы фугу» и вообще он «изобретен» не многоклеточными. Его синтезируют некоторые бактерии, в том числе те, что обитают в кишечнике фугу, например *Vibrio alginolyticus*. (Подобных симбионтов нашли и у осьминогов, и у других видов.) Какую выгоду получает рыба от симбиоза, ясно не до конца. Польза для бактерии понятна, но для чего фугу терпят смертельно ядовитых «постояльцев», вероятно, затрачивая энергию на то, чтобы обезвреживать яд (не зря же он накапливается в печени)? Предполагается, что яд защищает икру фугу от хищников. Да и взрослую рыбу умный хищник поостережется хватать, если только он не гурман-самоубийца.

Менее активные, но все же опасные токсины производят морские цианобактерии. Так, лет десять назад из колонии цианобактерий, живущих в Карибском море, выделили калцитоксин (рис. 2). Как именно расположены его пять асимметрических центров и каково его точное строение, удалось установить только после того, как химики синтезировали четыре его стереоизомера. Только один из них оказался идентичен природному продукту. Этот яд не уступает тетродотоксину по способности блокировать натриевые каналы нервных клеток подопытных мышей.

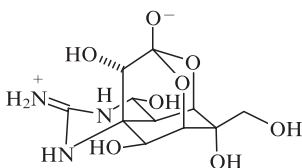
Хорошо известен и другой морской яд, сакситоксин (рис. 3). Он, а также около 20 открытых к настоящему времени его природных аналогов и производных, вызывают отравления съедобными моллюсками (так называемая PSP-токсичность, от английского Paralytic Shellfish Poisoning). Свое название главный токсин этой группы получил от моллюска *Saxidomus giganteus*, из которого впервые был выделен. В СССР в начале 1980 годов было несколько смертельных отравлений в Камчатской области, после того как любители морепродуктов собрали у берегов Авачинской бухты мидии. На самом деле PSP-токсины синтезируют не сами моллюски. Предполагают, что они, попадают в моллюсков вместе с микроводорослями, в период массового развития последних. Сакситоксины обнаружили также в некоторых видах

рыб. Кстати, сегодня во многих странах отслеживают развитие потенциально ядовитых микроводорослей и содержание токсинов в тканях моллюсков — как только наступает опасный период, добычу съедобных моллюсков запрещают.

Вероятно, одну из самых сложных биоактивных молекул синтезируют, по предположению ученых, микроводоросли-динофлагелляты рода *Ostreopsis*. Это палитоксин, который впервые выделили из гавайского шестилучевого коралла *Palythoa toxica* (микроводоросли живут с ним в симбиозе). Сложнейшую формулу палитоксина — 129 атомов углерода и ни одного повторяющегося фрагмента — вы найдете в статье про Нобелевские премии по химии (см. стр. 10-12). Структуру палитоксина установили в 1980-х годах американские и японские ученые, а последующий синтез палитоксиновой кислоты с помощью реакции кросс-сочетания (за нее в этом году и дали Нобелевскую премию) стал одной из самых впечатляющих работ в области органического синтеза. Оказалось, что палитоксин, который в 10 000 токсичнее цианистого калия, взаимодействует с  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФазой различных клеток практически по тому же механизму, что известные растительные токсины, так называемые сердечные гликозиды. Палитоксин также находили и в других морских животных — например, крабах, актиниях.

Впрочем, у палитоксина есть достойнейший конкурент — маитотоксин (рис. 4). Это самый ядовитый из всех известных небелковых токсинов, он в несколько раз активнее палитоксина — для летального исхода достаточно десятка нанограммов на килограмм. Свое название он получил от слова «маито» — так жители Таити называют рыбу-хирурга *Ctenochaetus striatus*, в тканях которой был найден. В этой биологически активной молекуле 142 атома углерода и 32 кислородсодержащих цикла. Ученые считают, что его продуцируют микроводоросли, которые поселяются на водорослях коралловых рифов. Несколько граммов этого вещества достаточно, чтобы отравить всех людей на Земле.

Помимо морских бактерий и микроводорослей, яды находят и в морских беспозвоночных: ракообразных, морских червях и других. Некоторые из них имеют железы или клетки, в которых накапливаются белковые или пептидные яды. Животные используют их для охоты или защиты. Другие виды таких специальных органов не имеют и носят токсичные метаболиты просто в тканях. Впрочем, некоторые беспозвоночные могут накапливать в своих тканях и небелковые яды — тетродотоксин, палитоксин и другие. Но бывает и наоборот: в некоторых моллюсках находят низкомолекулярные пептидные токсины, и такие экземпляры — смертельная угроза для людей, собирающих моллюсков на коралловых рифах.





## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

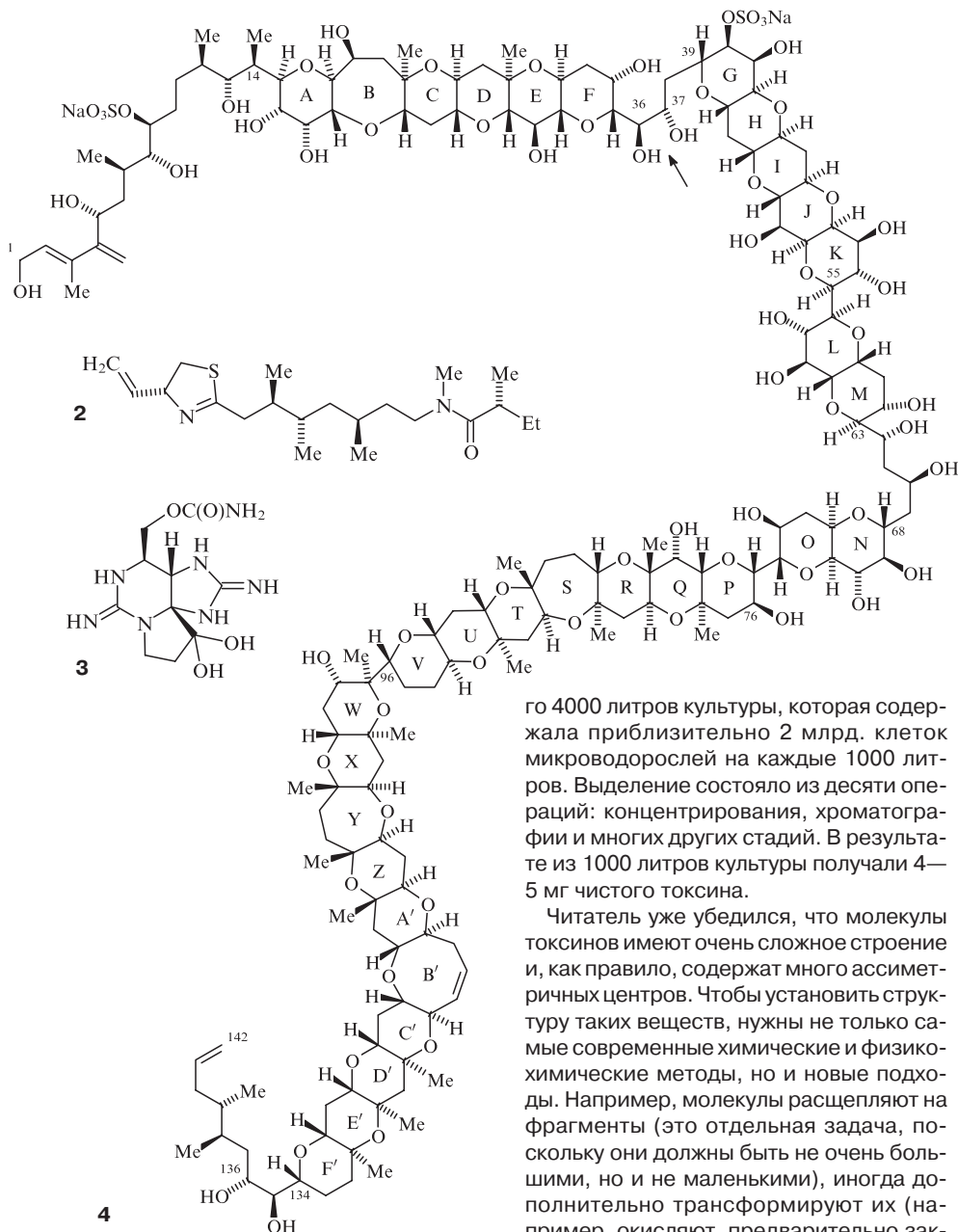
По сути, выделение таких сложных природных соединений стимулирует не только развитие физико-химических методов анализа, но и новые стратегии многостадийного синтеза. А определение стереохимической структуры природных молекул – всегда нетривиальная задача. Для этого также совмещают многие методы. Например, определяют константы спин-спинового взаимодействия и ядерные эффекты Оверхаузера для протонов, находящиеся в местах сочленения циклов, рассчитывают разные параметры методами молекулярной механики, синтезируют модельные соединения и сравнивают их спектры ЯМР и многие другие.

С морскими токсинами есть еще много нерешенных проблем. Например, не вполне понятно, кто же на самом деле продуцирует некоторые виды полиэфирных токсинов — микроводоросли или все-таки морские бактерии. В большинстве случаев абсолютно неясно, как защищаются от токсинов те, кто их производит и накапливает. Ведь большинство морских животных очень чувствительны к ним. Так, например, в конце 80-х годов прошлого столетия зарегистрированы многочисленные случаи гибели китов у северо-восточного побережья США из-за отравления сакситоксином. С ним и его производными нередко связывают и случаи массового замора рыбы. Почему же «хозяева» симбионтов не отравляются собственным страшным ядом, какие защитные механизмы тут работают? Непонятно, как именно влияют на производство ядовитых веществ внешние факторы — дефицит некоторых питательных элементов, температура, освещенность и прочее.

Вместе с тем совершенно очевидно, что изучение природных соединений, выделенных из обитателей океана, важно не только биологам и биохимикам, но и химикам и фармакологам, создающим новые лекарства. Природа пока остается непревзойденным мастером органического синтеза, и нам еще многому предстоит научиться в ее «лабораториях».

Подготовила  
**В. Благутина**

По материалам обзора В.А.Стоника и И.В.Стоника «Морские токсины: химические и биологические аспекты изучения», опубликованного в журнале «Успехи химии», № 5, 2010.



Поиск и определение морских токсинов — важная и не до конца решенная проблема. Интоксикация, вызванная употреблением в пищу некоторых морских организмов, наносит ущерб здоровью жителей многих стран. Из-за этого же отбраковывают часть морских урожаев. А между тем марикультурные хозяйства активно развиваются по всему миру. Несмотря на то, что уже запущены на поток многие типы анализа токсинов — иммунологические, физико-химические, биологические тест-системы — до сих пор нет способа быстро и надежно определить токсичные виды микроводорослей в пробах фитопланктона.

Многие морские токсины содержатся в тканях животных в очень малых количествах, и это еще усложняет их получение в индивидуальном виде. Например, чтобы получить достаточно маитотоксина для структурных исследований, ученые целый год выращивали в трехлитровых сосудах культуру водорослей — все-

го 4000 литров культуры, которая содержала приблизительно 2 млрд. клеток микроводорослей на каждые 1000 литров. Выделение состояло из десяти операций: концентрирования, хроматографии и многих других стадий. В результате из 1000 литров культуры получали 4—5 мг чистого токсина.

Читатель уже убедился, что молекулы токсинов имеют очень сложное строение и, как правило, содержат много ассиметричных центров. Чтобы установить структуру таких веществ, нужны не только самые современные химические и физико-химические методы, но и новые подходы. Например, молекулы расщепляют на фрагменты (это отдельная задача, поскольку они должны быть не очень большими, но и не маленькими), иногда дополнительно трансформируют их (например, окисляют, предварительно закрепив на носителе), потом анализируют с помощью нескольких разных методов и сопоставляют данные.

Следующий этап — синтез и сборка этих молекул. Как правило, все стадии стараются проводить в очень мягких условиях, чтобы образовывалось как можно меньше побочных продуктов. Когда, например, синтезировали палитоксин-карбоновую кислоту, то сначала наработали восемь фрагментов, а потом соединяли их между собой, связывая углероды C(1)-C(7) и C(8)-C(51), а также формируя двойную связь C(98)=C(99). Именно в этом случае применяют различные варианты реакций, катализируемых палладиевыми катализаторами. Но не только. В сложнейших синтезах морских токсинов, осуществленных уже в XXI веке, использовали именные реакции: Иозаки-Хиямы-Киши, Стилле (с оловоорганическими соединениями), Судзуки-Мияуры, Нэгиси и ее модификации, эпоксидирование по Шарплессу, гидроборирование и другие.

# Мастер и сердце

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

**Н**оябрь 1996 года. Первого президента России Бориса Николаевича Ельцина готовят к операции аортокоронарного шунтирования. Оперировать будет московский кардиохирург Ренат Акчурин, консультировать — американский профессор, иностранный член Российской академии медицинских наук Майкл Эллис Дебейки, лечивший еще президента Кеннеди. Первое, что спросил именитый американец у встречавших его российских представителей по прилете в аэропорт Шереметьево: «May I pay the last honours to Professor Demikhov?» — может ли он почтить память профессора Демихова. На лицах встречающих отразилось недоумение: кто такой этот Демихов и где искать его могилу? Отправили запрос в МИД. Через сутки выяснилось, что Демихов вовсе не умер, а проживает в однокомнатной квартирке в московском микрорайоне Дегунино. Но кто этот забытый на родине человек, которому счел долгом засвидетельствовать свое почтение известный на весь мир американский кардиохирург? Оказывается, ни много ни мало как сам автор операции аортокоронарного шунтирования. И не только.

**В**ладимир Петрович Демихов родился 18 июля 1916 года в одной из станиц Области Войска Донского (эта административно-территориальная единица, населенная донскими казаками, была упразднена в 1920 году. — *Примеч. ред.*). Его детство и юность пришлось на легендарные годы первых советских пятилеток. Все были одержимы идеей преобразования природы: «Здесь встанут стройки стенами. Гудками, пар, сипи. Мы в сотню солнц мартенами воспламеним Сибирь». В биологии господствует мичуринский подход: скрестить рябину с грушей, абрикос со сливой, вишню с черемухой... Взять черенок от одного растения, приживить его к стволу другого — и начнется новая жизнь.

Западет эта идея и в душу юного Володи. Только он собирается не черенки прививать, а пришивать к чужим телам руки, ноги, заменять почки и святая святых,местилище души — сердце. Об этом он начал задумываться еще мальчишкой, когда чуть не угробил дворняжку Василька — добро мать вовремя заметила. Как он потом сквозь слезы объяснял, хотел посмотреть, как сердце гонит кровь по организму.

Нелегким был путь из донской станицы в столичную операционную. Тридцатые годы — противоречивая эпоха, время не только репрессий, но и рабфаков. Вначале фабрично-заводское училище, после окончания которого Демихов стал учеником слесаря на Сталинградском тракторном заводе. И здесь он взялся за свое: выточил металлическую копию сердца (к тому времени уже знал, как оно



Федеральный архив Германии

*Берлин, январь 1959 года. Собака, которой Демихов пересадил вторую голову. Под повязками на головах — электроды, чтобы можно было снимать энцефалограмму и тем самым подтвердить активность мозга*

устроено и как сокращается). Затем — попытка поступить в медицинский институт. Неудача и как утешительный приз — биофак Воронежского университета. Здесь юному мечтателю сказочно повезло. В Воронеже работал С.С.Брюхоненко, уже тогда личность легендарная. В 20-е годы он с помощью изобретенного им аппарата искусственного кровообращения оживил отрезанную голову собаки. (Фантастический роман Александра Беляева «Голова профессора Доуэля» написан под впечатлением от этих опытов.) Брюхоненко помог пылливому студенту с изготовлением искусственного сердца, состоящего из двух мембранных насосов. Чтобы «достать» дефицитные составляющие, пришлось продать на толкучке единственный костюм. Кошка с вживленным сердцем прожила два часа — потрясающий успех для 1938 года.

По совету Брюхоненко Владимир, чтобы продолжить образование, переводится в Московский университет. И вот он уже один из лучших учеников знаменитого физиолога Х.С.Коштоянца. Но на дворе сороковые, и Демихова, едва он успел получить диплом биолога, призвали в ряды Рабоче-крестьянской Красной армии. С 1942 года и до окончания войны он был на фронте. Демобилизовался в звании старшего лейтенанта медслужбы, исполняющим обязанности главного патологоанатома 11-й гвардейской армии. (Случай небывалый для человека, не имеющего медицинского образования.)



Архив РИАН

*Владимир Демихов (1965)*

Молодой фронтовик по рекомендации Коштыянца поступил работать в Пушно-меховой институт в подмосковной Балашихе. Первая его должность — ассистент кафедры патолофизиологии. Именно здесь он и начинает свои знаменитые опыты по пересадке сердца собакам. Я учился в этом институте в 70-е годы и хорошо помню деревянное здание барачного типа, где располагалась операционная Демихова. У нас там читали курс анатомии сельскохозяйственных животных.

Уже через несколько месяцев после начала экспериментов ученый впервые в мире пересаживает второе донорское сердце в грудную полость собаки. Животное живет два часа. В дальнейшем эта операция будет «визитной карточкой» Демихова.

Необходимо оговориться, что второе сердце экспериментаторы подсаживали и ранее. Но куда-то все не туда: то на шею, то в пах. Практического значения эти опыты не имели, поскольку для того, чтобы сердце перекачивало кровь, необходимо правую его половину соединить с сосудами легких (где давление крови низкое), а левую половину — с артериями большого круга кровообращения, где давление высокое. Именно на такой перепад давления настроена клапанная система сердца. Сосудистая система легких короткая, поэтому второе работающее сердце можно подсадить только недалеко от первого, то есть в грудную полость. Эту ювелирную операцию до Демихова никто не делал.

Почему хирург просто не заменил одно сердце на другое? Потому, что это вовсе не просто. К сердцу подходит до десятка сосудов. Выключить его из кровообращения можно только на десять минут: через больший срок погибает мозг. В то же время за десять минут сшить все сосуды невозможно. Есть и еще один вариант: заменить сердце вместе с долей легкого, при этом приходится сшивать только несколько сосудов и тра-

хеи. И такую операцию освоил Демихов, работая в Балашихе. Одна из собак прожила с чужим сердцем и легкими пять суток. Этот успех не остался незамеченным, и в июне 1947 года Демихова пригласили работать в Институт экспериментальной и клинической хирургии — флагман советской медицины, где директорствовал еще А.В.Вишневский-отец (теперь это Институт хирургии имени Вишневского).

Там начинается самый плодотворный период экспериментальной деятельности Демихова.

1947 — первая в мире пересадка изолированного легкого.

1948 — первая в мире пересадка печени.

1951 — первая в мире замена одного сердца другим.

1952 — первое в мире маммарокоронарное шунтирование (это одна из разновидностей аортокоронарного шунтирования, при котором к сердцу непосредственно от аорты подводится здоровый сосуд в обход поврежденного).

1954 — первая в мире пересадка собаке второй головы (животное ходит и кусается).

1960 — первая в мире монография по трансплантологии «Пересадка жизненно важных органов в эксперименте» (переиздана в Нью-Йорке, Берлине, Мадриде).

К сожалению, после кончины Вишневского-отца пришлось менять место работы: не ко двору оказался хирург-экспериментатор новому директору. Несколько лет Демихов проработал на кафедре оперативной хирургии в 1-м Московском медицинском институте. Но и оттуда пришлось перейти в НИИ скорой помощи имени Склифосовского. Неприязнь дирекции двух почтенных научных заведений к Демихову возникла не только из-за личных конфликтов. Другой причиной были масштабные замыслы ученого. Например, вторую голову собаке он пришил не ради чудачества. Подобно Кампанелле с его Городом Солнца, он мечтал о Городе Трансплантологии, где пересаживать будут все, в том числе и головы. Например, мудрую голову дряхлеющего гения на молодое здоровое тело, чтобы старшая голова обучала младшую. По нынешним меркам звучит жутковато, однако не будем забывать, что в те годы, когда Демихов формировался как ученый, современную биоэтическую парадигму заменяла другая — «победа науки над смертью».

Но вернемся к сердцу. Демихов хорошо чувствовал время и, как любой гений, работал на опережение. Работы по трансплантации интенсивно велись во всем мире. Он был первым, но за ним приходили вторые, третьи и десятые. Например, была усовершенствована операция пересадки сердца: чтобы не шивать много сосудов, правое предсердие реципиента оставляли на месте, а уже к нему подшивали левое предсердие с желудочками донора. (Именно так поступают до сих пор при пересадках сердца у человека.) К 60-м годам трансплантология сформировалась как экспериментальная наука, готовая прорваться в практическую медицину. Однако





*Владимир Демихов (справа) извлекает из сосуда сердце, предназначенное для пересадки другой собаке (1962)*

оставалась главная проблема: где взять органы для пересадок?

Единственным возможным источником был труп. Но труп, если можно так выразиться, не совсем мертвый, а с бьющимся сердцем. Только в этом случае сердце, легкие, печень, селезенка и поджелудочная железа пригодны для пересадки. (В отличие от почек, которые можно приживить в другой организм даже через полчаса после остановки кровотока.) Именно в эти годы сформировалось новое представление в медицинской этике: трупом стали считать живого человека с умершим мозгом. (Напомню, что до этого, согласно юридическим и религиозным канонам, человека считали умершим после остановки сердечных сокращений.) Пациент дышит, по всем внешним признакам он жив, но на самом деле он мертв, поскольку отныне человек с неработающим мозгом юридически считается мертвым. И по завещанию самого пациента либо с согласия его родственников у него можно взять любой орган, чтобы пересадить его другому человеку.

В 60-е годы подобная юридическая коллизия встала перед парламентами многих стран. Например, в США она была заявлена в 1964 году. И только положительное ее решение, а именно признание смерти мозга смертью личности, могло послужить основанием для начала трансплантации в клинике. И в 60-е годы в Гарварде состоялось ее первое юридическое оформление, после которого подобные законопроекты были одобрены парламентами других стран. Благодаря этому хирурги получили возможность изымать органы для

трансплантации на законном основании. И брали, и пересаживали: почки, печень, селезенку. Но сердца боялись.

Главная заслуга Демихова состояла в том, что он научил хирургов из клиники не бояться операционных манипуляций с «вместилищем души». Он демонстрировал своими опытами: смотрите, я пришиваю его двадцатью различными способами, и оно работает. Не верите? Вот пес Гришка бегает по скверу Института скорой помощи с двумя сердцами почти пять месяцев. (Эта овчарка-полукровка стала мировой знаменитостью.) А вот на выездной сессии Академии медицинских наук СССР в Рязани прооперированная здесь же собака Дамка виляет хвостом в холле гостиницы, приветствуя почтенную ученую публику.

**П**ровел показательную операцию хирург-виртуоз и на международной конференции трансплантологов в Лейпциге — после чего за «выдачу государственных секретов» мгновенно был внесен в список «невыездных». Кто восхищался (в основном западные хирурги, которые стоя аплодировали его докладу), кто завидовал, кто, согласно указаниям советских чиновников от медицины, демонстративно негодовал. Но никто не решался повторить то, что делал Демихов. Первым, кто рискнул, был Кристиан Барнард, южноафриканский кардиохирург с голливудской внешностью. Работая заведующим отделением в одной из больниц Кейптауна, он легко заменял



пораженные клапаны сердца искусственными, но трогать его с места не осмеливался, как и все.

И вот в 1960 году, прилетев в СССР по турпутевке, он у Демихова в операционной. Завороженно смотрит на работу Мастера. Пробует сам, но попытки не очень удачные, и время от времени он получает пинцетом по рукам (у хирургов такой способ обучения в ходу). Потом, после «уроков», спешит в соседнюю бакалею за розовым портвейном. Через неделю возвращается на родину, забрасывает хорошо оплачиваемую практику и упорно тренируется на собаках.

Шесть лет спустя, дабы показать, что он уже выбился из подмастерьев, Барнард предьявляет свой «хирургический шедевр» — двухголовую собаку «по Демихову». Снимает цветной фильм, в котором животное лает и лакает молоко двумя головами одновременно. Западная публика в смятении, желтая пресса захлебывается от негодования. Но Барнард снова отправляется в Москву, к Мастеру, теперь за благословением. И вот в 1967 году, в ночь со второго на третье декабря по кейптаунскому времени, мировой триумф — первая в истории человечества пересадка сердца от 25-летней Дениз Дарваль, погибшей в автокатастрофе, 55-летнему Луи Вашкански, смертельно больному бакалейщику.

Операция, в которой принимало участие 30 человек, длилась девять часов. После того как последний шов был наложен и подключили дефибриллятор, чтобы запустить работу сердца на новом месте, Кристиан прошептал вместо молитвы: «Господи Иисусе, оно сейчас пойдет». И оно пошло! Событие в одном ряду с полетом Гагарина. И как Гагарин после полета рапортовал Никите Сергеевичу Хрущеву, так и благородный Барнард, устало стацив с лица хирургическую повязку, первым делом позвонил Владимиру Петровичу со словами: «Я



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

сделал это!» А после на весь мир объявил Демихова своим учителем.

Плотина страха перед сердцем была прорвана. Шквал операций по всему миру: за полгода около сотни. Но только не в СССР. Министр здравоохранения Б.В.Петровский и идеологический отдел ЦК КПСС были категорически против понятия смерти мозга. А значит, на трансплантологии поставлен крест. До 1984 года, когда усилиями «отца реаниматологии» В.А.Неговского все-таки происходит юридическое признание этой концепции. И через три года — первая успешная пересадка сердца, выполненная В.И.Шумаковым. Ну а дальше вы знаете: перестройка, реформы, кризисы и по большому счету не до сердечных дел.

**А** что наш герой? Все застойные годы Демихов тихо прозябал в своей небольшой полуподвальной лаборатории в Склифе. Его уважали коллеги-клиницисты, а начальство как могло уберегало от всесильного министра здравоохранения. Сыграла свою роль и позиция Барнарда, рядом с которым за честь считали попозировать советские медицинские светила. В свою очередь, у иностранных гостей считалось особым шиком посетить знаменитого доктора Демихова. Были среди его гостей брат американского президента Никсона и вдова другого президента Элеонора Рузвельт, которая чуть ли не сама пыталась ассистировать во время операции. И новые идеи были — например, банка донорских органов, когда к одному организму подшивается несколько сердечно-легочных комплексов и в таком виде готовое к пересадке сердце сохраняется бесконечно долго. По своему обыкновению, ученый и здесь намного опередил свое время. Ведь проблема сохранения донорских органов актуальна по сей день. В настоящее время орган подвергают охлаждению, и в этом состоянии он сохраняет жизнеспособность несколько часов. А Демихов подшивал свиные донору сразу три сердечно-легочных комплекса, и сердца бились несколько суток... Однако после инсульта здоровье начало понемногу сдавать, и Мастер уже с иронической улыбкой воспринимал непонимание властей предрежащих.

Демихов все же дожил до признания, пускай на склоне лет. Причем не только за рубежом, где он стал классиком еще в 60-е годы, но и на Родине. На обошедшей все российские газеты фотографии 1996 года они сидят рядом — знаменитый Ренат Сулейманович Акчурин, успешно прооперировавший сердце Ельцина и сотни сердец простых смертных, и теперь уже бессмертный Владимир Петрович Демихов. В том же году выздоровевший президент наградил Демихова орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени. Через два года Мастера не стало. Похоронен он на Ваганьковском кладбище, рядом с Булатом Окуджавой и своим земляком композитором Владимиром Мигулей.

Архив РИАН



Демихов и пес Гришка, которому пересадили второе сердце (1962)



## Стекланные «бриллианты»

*Модные кристаллы Сваровски — это действительно простое стекло? Тогда почему такой ажиотаж вокруг этих стекляшек?*

Р.Петров, Калуга

Кристаллы Сваровски — это действительно стекло, только не простое, а хрустальное. Из обычного стекла кристаллы не сделать, то есть его невозможно огранить — мягкое стекло «течет» на гранях и ребрах, а они должны быть острыми, иначе никакой игры света не получится.

Классический рецепт обычного стекла — песок, мел и сода. Для хрустала нужен еще и свинцовый сурик. Если ввести в состав 24% сурика (в пересчете на оксид свинца), то получится звонкий и блестящий хрусталь, который, в отличие от обычного стекла, поддается огранке. Поэтому-то из него можно делать такие красивые вазы, фужеры и люстры. Впрочем, одного свинца для этого мало, нужны еще поташ, селитра, оксид цинка и прочее. Это «прочее» производители хрустала обычно не расшифровывают, во всяком случае, в деталях: рецепты хрустала разглашать не принято. Вот и состав кристаллов Сваровски — секрет. Известно только, что они содержат больше оксида свинца, чем обычный хрусталь, — более 30%.

История с модными кристаллами началась больше ста лет назад, в 1891 году. Тогда Даниэль Сваровски изобрел элек-



трическую машину для огранки хрустала и твердых камней, а через три года основал собственную компанию под своим именем. Интерес Сваровски к гранильному делу вполне объясним. Ведь он родился (1862) в маленькой деревне Георгентале в Северной Богемии, которая уже тогда славилась своими стекольщиками, хрустальщиками, огранщиками и шлифовальщиками. Азы ремесла Даниэль освоил в мастерской отца, а затем 18-летним юношей отправился учиться в Париж, где освоил физику, химию, механику и инженерное дело. Побывал он и на Всемирной выставке электричества в Вене (1883), после чего и задумал сделать электрический станок для огранки камней и хрустала.

В 1895 году он переехал в Тироль, в небольшую деревушку Ваттенс, поближе к гидроэлектростанции — ведь его производство требовало много электроэнергии. Здесь он и основал свою компанию и открыл производство, которое быстро пошло в гору — качество огранки на электрических станках было гораздо выше, чем при ручной обработке, да и производительность резко выросла.

В 1911 году Даниэль Сваровски вместе с сыновьями придумал рецептуру и технологию варки невероятно прозрачного и прочного хрустала. Так появились на свет кристаллы Сваровски. Спрос на них стал расти в 20-х годах прошлого века, когда в Европе и Америке стали открываться фабрики для массового производства одежды. Тут-то и понадобились стеклярус и блестящие кристаллы, которые вошли в моду благодаря знаменитым модельерам того времени — Кристиану Диору и Коко Шанель. Сваровски умел производить и то и другое, поэтому для его компании начались золотые времена.

Мало кто мог и может позволить себе настоящие бриллианты. А вот кристаллы Сваровски, так напоминающие игрой света драгоценные камни, были по кар-

ману многим. Так стразы, то есть имитации драгоценных камней, были узаконены: ведь никто и не говорил, что это бриллианты. Кстати, название «стразы» — это дань памяти знаменитому ювелиру XVIII века Жоржу Фредериду Страссу, который умел подделывать бриллианты.

В 1956 году Сваровски умер, и его дело продолжили наследники. Внук Сваровски — Манфред — стал достойным преемником деда. Именно он изобрел цветные кристаллы Сваровски, которые сегодня так популярны.

В 1995 году компания отметила свое столетие. По этому случаю она открыла музей в подземной пещере «Хрустальные миры Сваровски». Над входом в пещеру расположена голова великана, глаза и рот которого отделаны кристаллами, а изо рта течет вода. В музее, на площади 4000 квадратных метров, выставлены самые невероятные хрустальные сокровища, изготовленные на фабриках Сваровски. А их у компании сегодня — семь с половиной десятков.

Ажиотаж вокруг кристаллов Сваровски настолько велик, что фирменный магазин в Вене, где продают украшения, статуэтки и просто кристаллы, работает едва ли не круглые сутки. Витрины в нем сверкают так, что глазам больно. И дело здесь не только в игре света на гранях кристаллов. На некоторые свои изделия компания наносит специальные покрытия. Самое популярное — «Северное сияние Авроры», благодаря ему на поверхности кристалла появляются радужные отблески. Однако это покрытие не любит воду, поэтому кристаллы Сваровски могут мутнеть при частом соприкосновении с водой или потом.

## Живая инъекция

*Добрый день! Правда ли, что укусы шершня гораздо больнее и опаснее, чем укусы пчелы? В чем его отличие? И правда ли, что пчелиный укус полезен?*

И.Боганцев, Саратов

Как известно из мультфильма о Винни-Пухе, пчелы бывают правильные и неправильные. Неправильные отличаются тем, что дают неправильный мед и даже могут весьма больно укусить. Разумеется, биологи не разделяют такую трактовку. Согласно их классификации, пчелы и шмели входят в семейство *Apidae*, а настоящие осы и шершни — в семейство *Vespidae*. Всех их в один подотряд стебельчатобрюхих (который, в свою очередь, входит в отряд перепончатокрылых) объединяет наличие «тали» — тонкого стебелька между грудкой и брюшком. Еще один характерный признак этих насекомых — яркая черно-желтая окраска, предупреждающая о том, что ее носитель не расположен прятаться и готов за себя постоять.

Табельное оружие пчел, ос, шершней — острое жало и капелька яда, достаточно сильного, чтобы отпугнуть даже крупное животное. Лучше всего изучен яд пчел, поскольку его сравнительно легко добыть. Ведь пчелы живут огромными колонктивными и к тому же давно «работают» на человека. Яды ос и шершней исследованы меньше, но в общих чертах они схожи с пчелиным, хотя каждый из них имеет свои биохимические особенности.

Когда кто-либо из этой жужжащей братии жалит человека, в ранку впрыскивается 0,2—0,3 мг яда, иногда до 0,8 мг. Атакующее место краснеет и опухает — это вступают в действие биогенные амины, самый общий из которых — гистамин. В яде пчел, кроме него, находят нордреналин и дофамин, у ос — серотонин, а у шершней — все перечисленное плюс ацетилхолин. Именно смесь ацетилхолина с гистамином дает сильный местный болевой эффект после укуса шершня. Но основной компонент ядов — пептиды. У пчел это мелитин, доля которого может достигать до 40—50% от сухого остатка яда. Он повреждает мембраны эритроцитов и лимфоцитов, и в результате высвобождается дополнительное количество местного серотонина и гистамина. Другой важный компонент яда пчел — апамин (3—5% от общей массы). Этот пептид действует на нервную систему и в чем-то схож с нейротоксинами змей и скорпионов. МСД-пептид, содержащийся в ядах пчел и ос, высвобождает содержимое тучных клеток — тот же гистамин и некоторые ферменты. А вот у ос и шершней наиболее важные вещества в группе пептидов — кинины, вызывающие острую боль.

Ферментов в ядах пчел и ос не так много — всего 1—2%. Этим их яд отличается, например, от яда змей, для которых ферменты — главная ударная сила. Из тех, что есть, можно отметить гиалуронидазы, которые растворяют соединительную ткань и способствуют распространению яда по тканям, и фосфалипазы, активирующие мелитин. Кроме того, именно с ними, очевидно, связаны аллергенные свойства ядов.

Несмотря на пугающий перечень ингредиентов, пчелиный яд действительно применяется в медицине. Причем с 60-х годов прошлого века — вполне официально. Ведь многим компонентам яда можно найти вполне мирное применение — те же гиалуронидазы могут рассасывать рубцы, мелитин — уничтожать бактерии и стимулировать иммунитет. Еще один элемент пчелиного яда, пептид адолапин, уменьшает боль и подавляет воспалительные процессы. Кроме того, яд «разжижает» кровь — опять же в отличие от яда змей, сворачивающего кровь жертвы.

При лечении пчеложалением яд вводят самым простым способом, поднося живую пчелу к коже. Процедуру нельзя назвать безболезненной, это понятно каждому, кого хоть раз жалили перепончатокрылые. Можно ли сравнить боль от укусов разных насекомых? Существует особая шкала — жажущий индекс Шмидта. Медоносная пчела и шершень располагаются в ней на соседних ступеньках, причем всего лишь на втором уровне из четырех. То есть шершень кусает сильнее пчелы, но при этом разница в болезненности между их ядами не так велика, как обычно принято считать. Тем более стоит учесть, что жало шершня больше по размерам и поэтому его удар более болезнен.

А вот ответить, насколько яд шершня опаснее яда пчелы, очень трудно. И дело тут не только в том, что яд шершня менее изучен. Как правило, если укусов не очень много, опасен не сам яд, а реакция организма на него. Именно аллергия — главный враг любого ужаленного. Шершень имеет больше разнообразных ферментов, которые могут не только разрушать ткани, но и вызывать сильный иммунный ответ. Поэтому атака шершня для многих имеет весьма ощутимые последствия — боль, отек, температура. Но непосредственно токсичные свойства ядов пчелы и шершня, судя по всему, сопоставимы. Ведь яд шершня нацелен против насекомых, которые служат его пищей. Яд же пчелы — защита драгоценного меда, в том числе и от таких крупных позвоночных, как человека или медведей, причем далеко не всегда плюшевых.

Важно помнить, что ни одному из этих насекомых не хочется зря тратить на неосторожного человека столь ценный яд. Виды перепончатокрылых, встречающиеся в России, неагрессивны и не очень ядовиты — с ними вполне можно жить дружно. Впрочем, кажется, это уже из другого мультфильма.

## Можно ли утонуть в Мертвом море?

*Мы поспорили, можно ли утонуть в Мертвом море. Там же очень плотная вода, тебя буквально выталкивает наружу. Даже нырнуть не удается. Что скажете?*

И.Семенов, Санкт-Петербург

Действительно, плотность воды в Мертвом море, расположенном на границе Израиля и Иордании в самой низкой точке планеты, очень высока и составляет 1,3—1,4 г/см<sup>3</sup>. Это связано с огромным количеством солей, растворенных в воде. Соленость Мертвого моря в восемь раз больше, чем у Атлантического океана, и в 40 раз больше, чем у Балтийского моря. Причем плотность воды, точнее, раствора солей увеличивается с глубиной, поэтому вода выталкивает челове-

ка и он держится на поверхности Мертвого моря без всяких усилий. Даже не умеющий плавать чувствует себя в этом чудо-водоеме в большей безопасности, чем в бассейне. И напрасно.

В Израиле по количеству несчастных случаев Мертвое море занимает второе место после Средиземного. И это при том, что отдыхающих на Средиземном во много раз больше, чем лечущихся на Мертвом.

Погружаясь в целебные воды Мертвого моря, следует помнить не только о большой выталкивающей силе. Ни в коем случае нельзя забывать о том, что из-за высокого содержания магния и кальция вода Мертвого моря в определенных количествах ядовита. Доктора, не первый год работающие на курортах Мертвого моря, утверждают, что у человека, наглотившего воды из этого природного водоема, могут отказать жизненно важные органы, вплоть до отека легких и остановки сердца.

В Мертвом море довольно сильные течения, и тот, кто рискнет заплывать далеко, может не заметить, как его относит течением. Если же в этот момент поднимется ветер, то такого пловца почти неминуемо захлестнет волнами. Тут-то и можно наглотаться воды.

Есть еще одна опасность — провалы на берегах Мертвого моря, которые могут засосать человека. К счастью, никаких провалов нет на юге этого моря, а именно там располагаются все курорты. Израильский геолог Эли Раз несколько лет назад упал в яму глубиной 14 метров. Он провел там 14 часов, пока его не извлекли оттуда спасатели. Правда, Э.Раз в определенном смысле целенаправленно искал подобных приключений, поскольку он руководит работами по составлению подробной карты карстовых провалов и пустот. И провалился он достаточно далеко от курортной зоны.

По словам Раза, появление пустот и провалов объясняется постоянным ростом потребления воды Мертвого моря для удовлетворения нужд курортов и химических заводов, расположенных на его берегах. Пресные грунтовые воды, следуя за отступающим морем, размывают подземные соляные отложения. Так образуются пустоты. На израильском побережье все провалы огорожены и доступ к ним закрыт. И тем не менее количество этих провалов вызывает тревогу. На карту уже нанесено три тысячи открытых провалов и примерно столько же карстовых пустот, незаметных со стороны.

**Р.Акасов, З.Гельман**

# Полезные ссылки



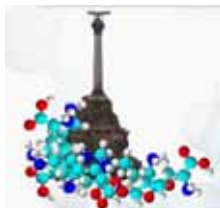
## Биотехнология



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

Отличный онлайн-учебник биотехнологии. Автор — доцент Омского государственного университета Н.А.Кузьмина. Начинаям полезно прочесть раздел о промышленной и сельскохозяйственной биотехнологии. Разделы о культивировании клеток, манипуляциях с культурами и генной инженерии адресованы будущим специалистам и могут пригодиться даже тем, кто учится не в Омском университете. К каждому разделу прилагается список дополнительной литературы. Есть раздел «Биотехнология для чайников» и коллекция познавательных мультфильмов (пояснения на английском) о внутриклеточных процессах, ДНК-чипах, полимеразной цепной реакции.

## Севастопольский химический портал



<http://www.sev-chem.narod.ru/opyt.htm>

Учебно-информационный ресурс Севастопольского национального технического университета. Дизайн не особенно удачный, но заметно, что авторы ресурса любят химию и рады поделиться информацией с единомышленниками. Школьникам и учителям можно порекомендовать раздел «Занимательные опыты по химии». Небольшая коллекция экспериментов — от простейших, для дошкольников, до определения качественного состава пищевых продуктов (белок мороженого, сахар и кофеин шоколада...) и отгонки эфирных масел из растительного сырья — интересна тем, что все они не требуют сложного оборудования.

## Российский химический журнал



<http://www.chem.msu.su/rus/jvho/>

Страница «Российского химического журнала» на сервере ChemNet. Свободный доступ к статьям за 2001—2008 годы в формате pdf, а также оглавления номеров за предыдущие годы. По-видимому, более ранние статьи еще будут выложены: номера и их темы уже появились, но пока некликабельны. Жаль, что нет последних номеров, но, с другой стороны, химические открытия устаревают мед-

## Успехи химии



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

Сайт «самого цитируемого российского журнала по химии» (наивысший импакт-фактор по данным ISI за 2008 год). Тут можно подписаться на бумажную или электронную версию, а также приобрести отдельные статьи. Не следует думать, что это обойдется дешево. «Стоимость годовой подписки на 2011 год на электронную версию для российских индивидуальных подписчиков (льготная) составляет 4200 руб., для организаций — 8400 руб. (льготная для академических институтов и вузов) и 12000 руб. (для остальных), для зарубежных подписчиков — 400 долл. США». Бесплатно — просмотр оглавлений и аннотаций, ссылки на английские версии статей (тоже платные, конечно). Имеется ознакомительный бесплатный выпуск.

## Антропогенез. Антропология, эволюция человека



<http://antropogenez.ru/>

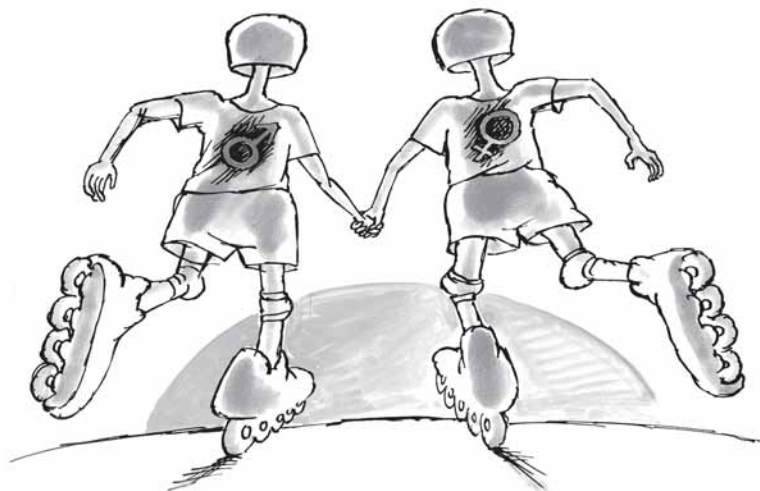
Новый многообещающий ресурс открыт 1 октября 2010 года и уже вызвал одобрительные отклики в СМИ. Он создан по инициативе и на средства его редактора, А.Б.-Соколова. Здесь есть авторский проект С.В.Дробышевского (биофак МГУ, кафедра антропологии) с веселым названием «Достающее звено» — если вкратце, о происхождении человека как биологического вида. Среди авторов наши читатели могут увидеть знакомые лица, например С.В.Боринскую. Прекрасен раздел «Наша родословная», совмещающий в себе временную ленту и портретную галерею гоминид от сахелантропа до человека разумного, а также «Каталог находок». Есть очень интересная новостная лента. Дизайн отличный, все красиво и удобно. Остается только пожелать сайту удачи и процветания: пусть и дальше будет не хуже.

# 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 первое полугодие 2011 года,  
или 115 рублей за один экземпляр.

Подписку можно оплатить  
и электронными Яндекс-деньгами  
через киоск: [www.hij.ru/kiosk.shtml](http://www.hij.ru/kiosk.shtml).



Подписка на любой почте:  
каталог «Роспечать», индексы 72231 и 72232;  
«АРЗИ» (Пресса России), индексы 88763 и 88764;  
«МАП» (Почта России), индексы 99644 и 99645.

Образец заполнения квитанции для оплаты в Сбербанке.

Обязательно укажите адрес доставки и пришлите копию квитанции нам:

105005, Москва, Лефортовский пер., д.8; факс (499) 267-54-18; электронная почта [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru).

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс», ИНН/КПП 7701325151/770101001  
Банк: АКБ «РосЕвроБанк» (ОАО) г.Москва,  
Номер счета: № 40703810801000070802, к/с 30101810800000000777, БИК 044585777  
Назначение платежа: подписка на журнал "Химия и жизнь-XXI век" с \_\_\_\_ по \_\_\_\_ 2011 г  
Адрес доставки, ФИО:РФ, \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ Сумма платежа: \_\_\_\_\_ руб. 00 коп. Плательщик (подпись) \_\_\_\_\_

**skomm.ru**  
СНЕЖНЫЙ КОМ

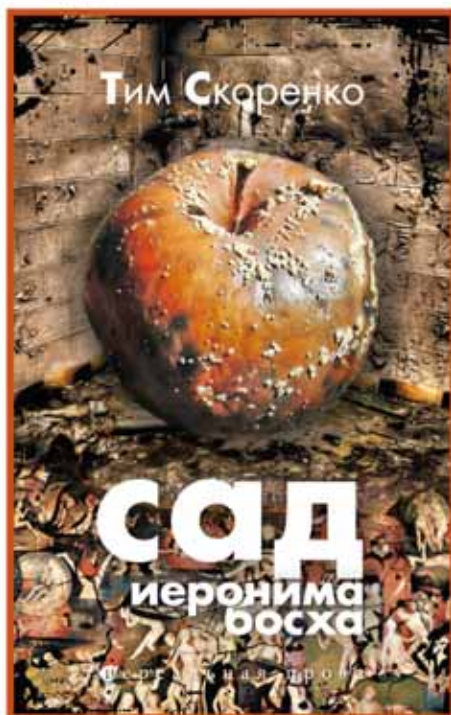
Хорошие тексты  
в достойном  
оформлении

Узнавайте первыми  
о новых книгах издательства!

Сообщество в Живом Журнале  
**snezhnycom**

<http://community.livejournal.com/snezhnycom>

новости, опросы, отзывы



Придет ли Мессия? Как мы его встретим? Каким он будет? Готов ли к этому мир? Свой вариант предлагает Тим Скоренко в скандальном романе

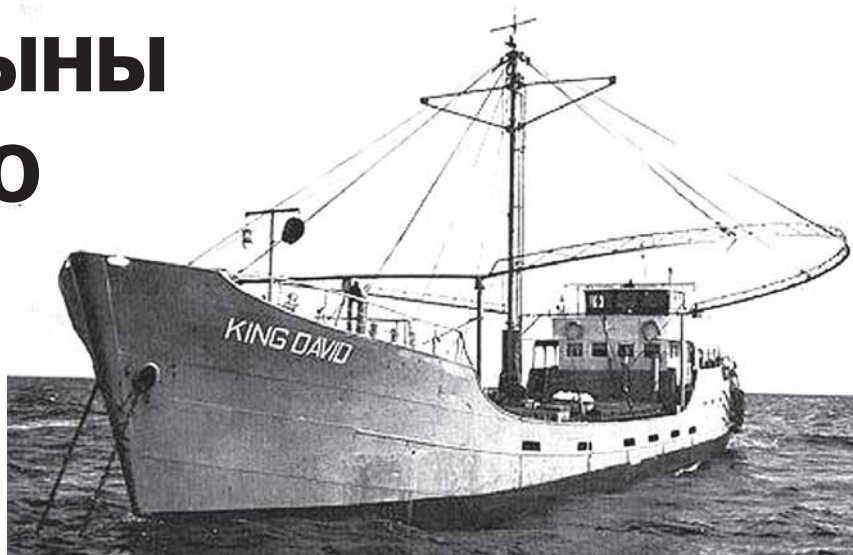
**НФ**: «Сад Иеронима Босха»

Смешно о серьезном, фантастично об обыденном, загадочно о известном — именно так пишет Далия Трускиновская, и новый её роман «Дурни вавилонские» — ещё одна яркая творческая жемчужина.



# Вольные сыны всемирного эфира

М. В. Кожевников



## Немного истории

Радиолобительство возникло в начале XX века, за несколько лет до Первой мировой войны. Первыми были наблюдатели за передачами малочисленных радиотелеграфных станций, работавших кодом Морзе. Это стало доступным в первое пятилетие нового века — после всеобщего перехода на слуховой прием и внедрения в практику кристаллических детекторов (на сульфидах свинца или цинка).

Самодельные микропередатчики, слышимые на расстояниях до полуверсты, в городах Российской империи собирали (радиолобители говорят «строили») даже ученики гимназий и реальных училищ. В качестве индукционной катушки Румкорфа, генерирующей в широком спектре токи высокой частоты, применяли электрический звонок, который питается от гальванической батареи. В пустом провинциальном эфире они были единственными радиостанциями вдали от морских берегов. А катушку эту изобрел Генрих Даниэль Румкорф (1803—1877), конструктор точных приборов и инструментов. Родился он в Ганновере (Германия), жил и работал во Франции и в 1851 году изобрел эту катушку.

В приморских территориях Европы, США и Канады распространение радиоволн более благоприятное, чем внутри континентов: над морской водой поглощение поверхностных («земных») радиоволн ничтожно мало по сравнению с таковым над почвами, имеющими ограниченную электропроводимость. Там начали строить более мощные самодельные искровые передатчики для опытов по связи на дальние расстояния. Разумеется, ни о каких разрешениях никто не думал: самодельные передатчики создавали значительные помехи профессиональным радистам, ловящим из дальнего моря слабые сигналы судовых передатчиков.

Итак, первые радиолобители были в современном понимании либо наблюдателями за работой станций, либо радиохулиганами (радиопиратами). С тех пор в радиотелеграфном жаргоне сохранилось выражение «ham», обозначающее коллегу-радиолобителя, который владеет передатчиком. Его применяют и сами радиолобители, работающие теперь на законных основаниях. Но лишь немногие из них позволяют себе хамить в «радиоэфире» — в нерасходуемом общемировом природном пятикоорди-

натном ресурсе, ограниченном в геометрическом евклидовом пространстве, во времени и в частотном спектре.

После окончания Первой мировой войны армейское и флотское радиооборудование продавалось по бросовым ценам, как утиль. Существенная его часть попала к радиолобителям, особенно в Северной Америке. В Европе профессионалы радиосвязи называли это «американской болезнью», ожидали возникновения эфирного хаоса в густонаселенных странах и оживленных акваториях, предлагали карать не только за выход в эфир, но и за его прослушивание.

Однако в США (тогда САСШ, то есть Североамериканские Соединенные Штаты) вместо тщетной борьбы с «радиохамами» поступили либеральнее, то есть умнее — отдали им волны короче 200 м (частоты более 1,5 МГц), считавшиеся годными лишь для ближней связи. Но любители быстро обнаружили парадоксальное дальнейшее распространение с малыми потерями — при работе ночью на маломощных самодельных передатчиках. При освоении более коротких волн обнаружили и дневное дальнейшее распространение. Уже в середине 20-х годов состоялась двухсторонняя связь на КВ между антиподами (20 тыс. км — максимально возможное расстояние на нашей планете), причем обе станции находились в приполярных областях. В Арктике работал уроженец польско-белорусского города Белостока Эрнст Теодорович Кренкель (1903—1971), в Антарктике — экспедиция из США.

Музыкальное вещание для населения впервые реализовал в США — опытной радиопередатчей в рождественскую ночь конца 1906 года — уроженец Канады Реджинальд Фессенден (1866—1932), начавший опыты еще в 1901 году. Передачу слушали на судах и на берегу. В 1916 году идею «музыкального ящика для каждой семьи» выдвинул уроженец Белоруссии Давид Абрамович Сарнов (1891—1971) — по-нынешнему «топ-менеджер» знаменитой RCA, Radio Corporation of America. Но идея встретила скептическое отношение, и он лишь внедрил на ВМФ США радиотелефонные станции ближней связи.

Опыты по радиотелефонированию продолжались в СССР, Германии, Франции, Великобритании и других индустриальных странах. Самой простой оказалась амплитудная модуляция в ламповых передатчиках. В конце 1921 года в Пенсильвании заработала первая в мире широко-вещательная станция, передававшая населению не только главную новость — сводку погоды с прогнозом на завтра, но и музыку, биржевые курсы, местные новости, распоряжения властей. Не каждый день, всего по несколько часов, однако по заранее объявляемому расписанию.

*В «Химии и жизни» (2007, № 7) были напечатаны воспоминания о радиохулиганах 1966—1976 годов («Вольные сыны саратовского эфира»). А что было до того, после того и что есть сейчас?*



*Суда радиопиратов для радиовещания из нейтральных вод*



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

Важен сам технический факт приема, а не содержание передач! Освоение коротких волн стимулировало интерес к дальним вещателям. Тому, кто хочет заняться диксингом, требуется минимум технических знаний по сравнению со всеми прочими видами спортивного радиолюбительства. Для начала достаточно иметь бытовой приемник промышленного изготовления и соорудить простейшую антенну, например «длинный провод» (long wire).

Кроме вещательных станций, любители наблюдают за служебной связью и за передачей циркулярных сообщений: в армии, в гражданской авиации, в морском и речном судоходстве, на железных дорогах, у пожарных, у строителей и так далее. Интересны радиомаяки, а также станции точного времени и эталонных частот (обычно — одна на всю страну, их немного даже в таких обширных государствах, как Россия или США). Диапазоны — от СДВ (сверхдлинных волн) до УКВ (метровых и дециметровых).

Особняком стоят наблюдатели за любительскими станциями, официально зарегистрированными: как правило, они готовятся обзавестись собственным передатчиком. У них давно существует система личных карточек (QSL) с персональными номерными обозначениями, подобными позывным любительских передатчиков.

Плох тот радиослухач, который не мечтал сам выйти в эфир, и неистребима романтика эфира! По опросам во всех странах не менее четверти радистов-профессионалов, включая инженеров, хотя бы непродолжительно, да побывали радиохулиганами (радиопиратами).

## Немного классификации

В те далекие времена, 40 лет назад, «операторы» делились на три категории: «шарманщики», или «музыканты», «трепачи», или «говоруну», «дальнобойщики», или истинные операторы. Две первые категории работали в местном эфире на краю вещательного средневолнового диапазона (СВ) — от 1200 до 1600 кГц, то есть на волнах короче 250 м. Обычно у них были маломощные передатчики — одноламповые приставки к усилителю низкой частоты радиолы или магнитофона, собранные на дне консервной банки. «Шарманщики» часами гоняли музыкальные звукозаписи — для округи с радиусом до 5—6 км. «Трепачи» вели двухсторонние связи — эфир заменял им малодоступную тогда для большинства телефонную сеть. Четкой границы между «шарманщиками» и «трепачами» не было — оба множества заметно пересекались. «Дальнобойщики» работали по ночам на более мощной самодельной аппаратуре. «Круглый стол» бывшего СССР находился на частоте 300 кГц. Эта волна (1000 м) в диапазоне длинных волн располагалась посередине шкалы бытовых приемников, разработанных до 1968 года, когда прекратили вещание на частотах от 285 до 407 кГц.

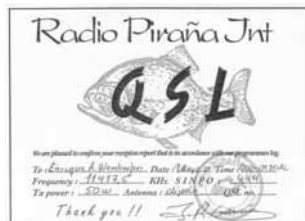
## Эфир пошел в рост

Через год такие станции в США и Канаде уже исчислялись десятками, а промышленность по распоряжению Сарнова массово производила дешевые детекторные приемники с фиксированной настройкой на две выделенные частоты в диапазоне гектометровых (средних) волн. Эти приемники принимали амплитудно-модулированные сигналы радиостанции и преобразовывали их без усиления по мощности в колебания звуковой частоты при помощи кристаллического детектора. В течение нескольких десятилетий они были весьма обычными, но с распространением ламповых приемников в 40—50-е годы потеряли свое значение.

Началась реклама, спортивные репортажи, все чаще звучала музыка. В СССР и в Европе ненамного отстали от Америки с началом вещания, быстро перейдя от опытного нерегулярного вещания к ежедневному — по структурированному расписанию. Кроме средних волн, СВ, для дальнего распространения стали применять ДВ (длинные, или километровые, волны).

Если в Америке вещание было местным и коммерческим, то в Европе оно политизировалось: соседние государства хотели оперативно влиять друг на друга. Станции были заинтересованы, чтобы их слышали как можно дальше: призывали писать письма о качестве приема, а для поощрения высылали сувениры, в первую очередь — специально изданные карточки, быстро ставшие предметом коллекционирования. Так зародилось международное хобби-движение квалифицированных радиослушателей — «DXing». Еще до Первой мировой войны оно было образовано (по одной из версий) из выражения «distance extended» — в вольном переводе соответствует нашей классике «дистанция огромного размера».

*QSL-карточки пиратских радиостанций, посылаемые в подтверждение приема*



Работали также за границами вещательного диапазона СВ: супергетеродин легко перестраивали на зеркальный канал приема, ориентировочно от 1460 до 2530 кГц, то есть со сдвигом частот на 930 кГц — удвоенную промежуточную частоту 465 кГц. Достаточно присоединить дополнительную катушку индуктивности и конденсатор с постоянной емкостью параллельно входному антенному колебательному контуру. Это легко сделать как в ламповых, так и в транзисторных аппаратах. Обычно связывались на расстояниях от 200 до 1000 км. Изредка добивались и сверхдальних связей, даже между европейской частью СССР и Восточной Сибирью.

В последние годы установлено, что в Советском Союзе радиохулиганы появились почти на десять лет раньше, чем радиопираты в Западной Европе, — уже в 1946 году! Недавние армейские радисты, поселившиеся вдали от больших городов, изнывали от скуки и совершенно не боялись государственного радиоконтроля. Но уже в середине 50-х годов на их место пришли юные начинающие радиолюбители — от 12 до 15 лет. Легкому выходу в эфир способствовала техническая база — ламповые приемники: диапазоны ДВ и СВ были обязательными для всех классов этих устройств, начиная с самого простого и дешевого четвертого. УКВ с частотной модуляцией (ЧМ) еще не было, использовалась только амплитудная модуляция (АМ).

## Из нейтральных вод

В Западной Европе коммерческие пираты-«шарманщики» начали работать на СВ и КВ в середине 50-х. Часто они вешали с борта небольших судов под удобным флагом, стоявших в международных водах недалеко от берегов родной страны — Великобритании, Голландии и других. В основном они просуществовали до конца 70-х годов. Ныне они исчезли, не выдержав конкуренции с многочисленными официальными УКВ музыкальными станциями. Главный принцип всех коммерческих музыкалок был таков: короткие выпуски новостей не должны мешать прослушиванию музыки. Однако это не распространяется на единственный источник существования — «брехламу»!

Широко известен случай, как одну из таких станций использовали втемную, да почти без затрат. Продюсер Брайан Эпштейн, чтобы раскрутить начинающую группу «Битлз», организовал массовую рассылку «писем слушателей» из разных стран, гневно вопрошавших, почему они не слышат на волне этой пиратской станции последних песен ливерпульской четверки? Да потому, что битлы, тогда даже в родном городе мало кому известные, с утра до полуночи, как проклятые, объезжая по берегам ФРГ портовые кабаки и пивные, занимались, как это называют артисты, «чесом». Пираты с большим трудом добыли фонограммы и «поставили в ротацию».

Образцы ламповой бытовой радиоэлектронной аппаратуры тех времен сохранились главным образом в музеях,

немногие из них работоспособны — неотвратимо высыхает электролит в конденсаторах. Вакуумные лампы сохраняются лучше: изготовленные в 1950-е годы — годны сегодня практически все. Главное, что исчезла та замечательная база для начинающих, неуверенно держащих паяльник и долго соображающих, прежде чем переключать режимы и диапазоны измерений в тестере. Зато несравненно более широкие возможности теперь получили подготовленные радиолюбители — полупроводниковые приборы, а позднее и микросхемы позволяют строить функционально сложные передатчики с высоким качеством сигнала. Давно уже не считают, сколько в устройстве активных полупроводниковых элементов, это ведь когда-то старались применить минимум радиоламп. Позже, наоборот, гордились количеством транзисторов, на приемниках писали: «На 7 транзисторах», «На 10 транзисторах». В домашних условиях тогда были недоступны цифровые шкалы, синтезаторы частоты, многофункциональное программное управление.

## А что теперь?

Ныне в местном эфире полностью исчезли «трепачи»: сперва стали доступными проводные телефоны, затем сотовые, а тут подоспел Интернет со всеми его возможностями. Ближняя радиотелефония утратила актуальность внутри городов даже в официальном выделенном для нее «гражданском диапазоне» (СиБи, СВ — Citizen band) — вблизи границы КВ и УКВ (на волнах около 11 м, в полосе частот от 26965 до 27405 кГц). «Шарманщики» ушли на УКВ-диапазоны с частотной модуляцией: четырехметровый 66—74 МГц (внутриконтинентальный — советский) и особенно на трехметровый 87,5—108 (мощностью менее 100 Вт) — внутри городских кварталов их слышно не далее 2 км. Единственное условие, впрочем в Москве давно не выполняющееся, — в диапазонах УКВ должны быть свободные частоты, достаточен интервал между несущими частотами от 0,25 до 0,40 МГц.

В-третьих, произошло слияние «дальнобойщиков» с «трепачами» — они работают на СВ и КВ за границами вещательных диапазонов. Аппаратура обычно промышленного изготовления, самодельщики в меньшинстве. Дома держат списанную армейскую технику, а приобщаются к эфиру позднее, чем 40—50 лет тому назад: не в школьные годы, а став радистом на срочной службе. По ночам, когда офицеры уходят домой, оставшиеся без надзора солдаты, нередко в подпитии, матерясь, развлекаются в международном эфире — лидируют Белоруссия, Украина и Россия. Кроме давно устаревшей АМ все чаще работают с однопольной модуляцией (ОБП или SSB), но





«дальнобойщики» используют только верхнюю боковую частотную полосу (USB) – в отличие от официальных радиолюбителей-связников на КВ, которые на частотах менее 10 МГц (волна 30 м) используют нижнюю боковую полосу (LSB).

В международном эфире — контраст между двумя языковыми сообществами. На английском — западные радиопираты с утрированной вежливостью педантично соблюдают международный регламент любительской связи. На русском — бывшие советские операторы оскорбляют друг друга, нещадно матерясь пьяными голосами, как век назад извозчики, стараются подавить своей мощностью чужие сигналы... В Израиле аналогичный беспредел, но на УКВ — к сему приложили руки бывшие граждане СССР, не забывшие эфирный опыт юных лет. Впрочем, тамошний менталитет отчасти схож с советским, чему репатрианты удивлялись еще в 70-е годы. Израильяне нередко ведут и разговорные передачи на местные темы, не гнушаются и политической пропагандой.

## Пределы беспредела

Оказывается, в эфире они есть. И западноевропейские, и постсоветские операторы стараются не работать вблизи частот, выделенных для сигналов бедствия (SOS), аварийно-спасательных работ, управления воздушным движением, циркулярных сообщений метеорологов, не лезут на любительские диапазоны КВ.

В Западной Европе сохраняются «шарманщики» на КВ — флагманы движения за свободное некоммерческое радиовещание. Они иногда работают и на свободных частотах вещательных поддиапазонов, в основном ночных (75 м, 49 м, 41 м). В последние годы они стали арендовать по выходным дням на один—два часа официально работающие КВ передатчики (в Германии и Латвии) с мощностями менее 10 кВт, обычно от 1 до 5 кВт. Их фактически не ловят: Госрадиоконтроль делает вид, будто их нет. По мере развития спутниковых ретрансляторов с каждым годом связь на КВ использовали все меньше, даже на военных флотах. Но в США с радиопиратами до сих пор активно борются, поскольку они создают помехи другим многочисленным пользователям эфира, зачастую совсем на других диапазонах. Исключение — полоса по обе стороны от границы между США и Канадой, где органы сопредельных государств никак не могут наладить оперативное взаимодействие. Заметим, что проблема радиопомех впервые остро встала в США уже в начале 1950-х: даже в уютах с тех пор ставят обязательные фильтрующие конденсаторы.

А в июле 2010 года заработал (после четырехлетнего перерыва) один американский радиопират политической направленности (что вообще среди пиратов редкость). Впер-

вые он начал вещать вскоре после теракта «9/11» в диапазоне 41 м и в своих передачах осуждает мусульман. В Лондоне со 2 июля сего года вновь появилась «Каролина» — бывшая музыкальная пиратская радиостанция, основанная аж в 1946 году! — но теперь она работает в Интернете с 11 до 19 часов по местному (как легко догадаться, лондонскому) времени. Замечено появление радиохулиганов на КВ-диапазонах даже в США, несмотря на относительно серьезный контроль радиоэфира. Заработали пиратские радиостанции в Греции, Португалии, Голландии (Radio Barones, Radio Napoleon).

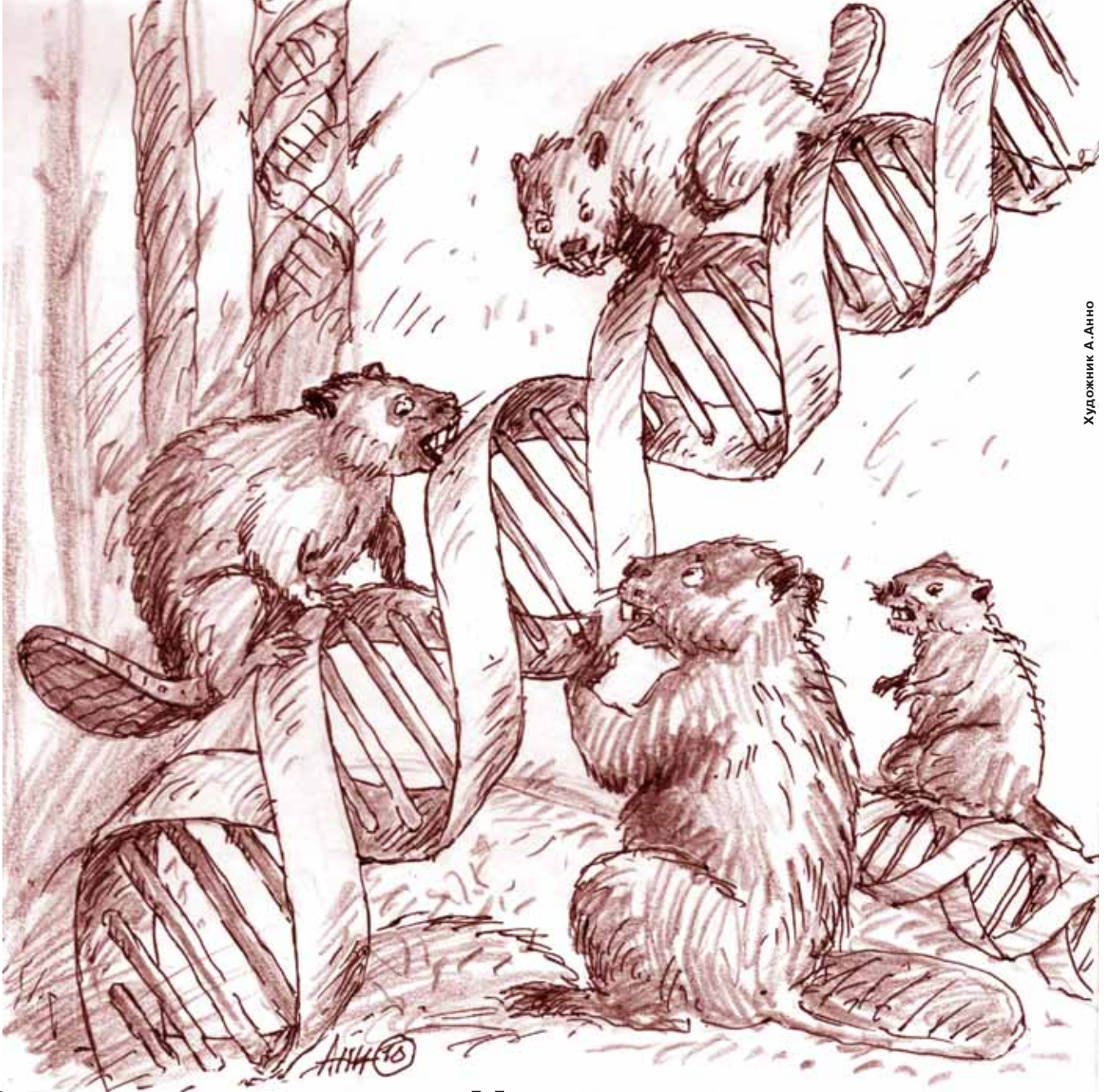
Иногда пираты поступают делают так: регистрируют обычную коммерческую УКВ-радиостанцию, передающую музыку, но под историческим названием (например, станция «Нова» в Ирландии), а в рекламе упоминают, что станция транслирует «формат» (репертуар) 40—50-летней давности.

«Шарманщики» Западной Европы активно взаимодействуют с международным хобби-сообществом наблюдателей за дальними и редкими радиостанциями, широко-вещательными и служебными. Оно возникло еще в начале 1920-х, когда началось радиовещание, почти одновременно в США, Европе и СССР. Теперь участники этого неформального движения присутствуют во всех странах Старого и Нового Света.

До середины 80-х в СССР это увлечение власти не приветствовали, ведь оно связано с почтовой перепиской между наблюдателями и зарубежными станциями. Многие станции не просто подтверждают письмом факт дальнего приема, но издают для этого оригинальные карточки-квитанции (QSL). У «радиослухачей» эти карточки — предмет гордости и коллекционирования. На основной территории США — не на Аляске, не на Гавайях, не на Марианских и других островах в Тихом океане — нет радиовещания на ДВ и КВ, а только на СВ и УКВ. Эти два диапазона даже обозначают не по длине волны, как в остальном мире, а по способу модуляции: AM и FM. Поэтому для «слухача» из США карточка QSL от «пирата» или арендатора маломощного передатчика — желанная добыча.

Все чаще вместо почтовой переписки обе стороны — передающая и принимающая — используют электронную почту. Первыми начали так делать западные некоммерческие «шарманщики». Государственные станции, не экономящие на канцелярских мелочах, могут высылать бумажную карточку, если получен редкий рапорт о приеме из далекой страны. Пираты-«шарманщики» так поступают, если им по Интернету послали «электронные деньги» на возмещение издательских и почтовых расходов.





# Расширенный фенотип

**Ричард Докинз**

«Это, возможно, самая важная книга по эволюционной биологии за последние десять—двадцать лет» — так профессор Энтони Хоффман оценил книгу знаменитого Ричарда Докинза «Расширенный фенотип», вышедшую в конце 80-х годов. Российские биологи, генетики, эволюционисты ждали появления этой книги на русском языке более двадцати лет. И вот теперь, в конце 2010 года, они получили этот подарок от Фонда Дмитрия Зимина «Династия» и издательства Corpus/ACT.

«Расширенный фенотип» (переводчик А.В.Гопко, научные редактор А.В.Марков и Е.Б.Наймарк) требует от читателя некоторых интеллектуальных усилий. Но тот, кто готов их сделать, будет вознагражден фейерверком мысленных эволюционных экспериментов, блистательной логикой автора и значительностью идей. В сущности, книгу Докинза можно рассматривать как пространную и хорошо аргументированную заявку на формирование нового раздела в генетике, к которой прилагается обширный план возможных эволюционных экспериментов.

Что может быть лучше умного собеседника, который отвечает на вопросы, ставит вопросы и побуждает мозг работать с удвоенной силой? «Расширенный фенотип» — это книга обо всем живом и нас с вами, о том, как наш фенотип выходит за рамки одного организма и начинает взаимодействовать с окружающей средой, меняя ее, о том, как среда влияет на нас и делает нас такими, какие мы есть.

Предлагаем вашему вниманию одну из четырнадцати глав «Генетическая эволюция артефактов животных», которую мы вынуждены привести в сокращении. Надеемся, что она побудит вас немедленно отправиться в книжные магазины на поиски этой книги, которую, несомненно, должны прочитать читатели «Химии и жизни».

**В** ошло в привычку рассуждать так, будто «различия» — это всегда различия между индивидуальными организмами или иными обособленными «транспортными средствами». (Докинз называет «транспортными средствами» или «машинами выживания» тела, «сконструированные» генами. — *Примеч. ред.*) Моя задача — показать, что мы можем не ограничивать понятие фенотипических различий рамками каких бы то ни было транспортных средств. В этом и состоит смысл заголовка «Расширенный фенотип». Я продемонстрирую, что самые банальные логические умозаключения, вытекающие из генетической терминологии, неизбежно приводят к выводу, что мы можем говорить о генах, оказывающих *расширенные* фенотипические эффекты <...>

Но прежде давайте представим себе ген *A*, непосредственное молекулярное действие которого — синтез черного белка, окрашивающего кожу животного в черный цвет. Но является ли *A* «геном черной окраски»? Мысль, которую я хочу до вас донести, состоит в том, что ответ на этот вопрос будет просто в силу существующих определений зависеть от имеющейся в популяции изменчивости. Предположим, у гена *A* есть аллель *A'*, неспособный синтезировать черный пигмент, так что особи, гомозиготные по *A'*, как правило, белые. Тогда *A* — это действительно «ген черной окраски» в том смысле, какой я вкладываю в это выражение.

Но ведь может быть и так, что вся имеющаяся в популяции изменчивость по цвету кожи на самом деле возникает благодаря генетической изменчивости в совершенно другом локусе *B*. Непосредственный биохимический эффект *B* — синтез белка, который не является черным пигментом, но работает как фермент, одно из побочных действий которого (если сравнивать с аллелем *B'*) — какими-то окольными путями способствовать синтезу геном *A* черного пигмента в клетках кожи.

Конечно же ген *A*, белковый продукт которого — черный пигмент, необходим для того, чтобы особь была черной. Так же как для этого необходимы и тысячи других генов — хотя бы только потому, что особь без них вообще не существовала бы. Но я не буду называть *A* геном черной окраски, если в популяции отсутствует какая-либо изменчивость, вызванная отсутствием *A*. Если у всех особей без исключения есть *A* и единственная причина, по которой некоторые из них не черные, это наличие *B'* вместо *B*, то мы скажем, что *B*, а не *A* — ген черной окраски. Если изменчивость, влияющая на цвет кожи, наблюдается в обоих локусах, то генами черной окраски мы будем называть и *A*, и *B*.

Суть здесь в том, что потенциально как *A*, так и *B* имеют право называться геном черной окраски — все зависит от того, какие альтернативные аллели есть в популяции. Тот факт, что цепочка причин, ведущая от *A* к молекуле черного пигмента, короткая, а в случае с *B* — длинная и извилистая, к делу отношения не имеет. Большинство производимых генами действий из тех, что наблюдаются биологами, занятыми изучением целостных организмов, и все, наблюдаемые этологами, осуществляются длинными и извилистыми путями.

Один наш коллега-генетик утверждал, что наследственных черт поведения на самом деле не существует, потому что все такие черты, открытые на сегодняшний день, оказались «побочными продуктами» каких-то более основополагающих явлений морфологии и физиологии. Но скажите на милость, чем же, по его мнению, является *любой* наследственный признак — морфологический, физиологический или поведенческий, — если не «побочным продуктом» чего-то более основополагающего? Подумав как следует, мы обнаружим, что за исключением белковых молекул все результаты деятельности генов — «побочные продукты».

И если вернуться к примеру с черным цветом кожи, то в цепи причин, связывающей ген *B* с его чернокожим фенотипом, вполне может содержаться даже поведенческое звено. Пред-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

положим, что *A* способен синтезировать черный пигмент только на свету, и предположим также, что *B* заставляет особей стремиться под открытые солнечные лучи, в то время как *B'* — искать тень. Особи, несущие *B*, больше времени проводят на солнце и, следовательно, будут чернее, нежели особи, несущие *B'*. И все равно, согласно общепринятой терминологии, *B* будет «геном черной окраски» ничуть не в меньшей степени, чем если бы эта цепочка причин была исключительно биохимической, а не включала в себя «внешнюю» поведенческую петлю. Ведь стопроцентного генетика не должны заботить детали того пути, который ведет от гена к фенотипическому эффекту. <...>

Генетик в чистом виде — тот тот, кто занимается конечными продуктами и различиями во влиянии, которое оказывают на продукты разные аллели. Естественный отбор занимается в точности тем же самым, поскольку он «воздействует на результат» (Lehrman, 1970). Промежуточный вывод таков: нас не удивить фенотипическими эффектами, которые соединены с генами длинными и петляющими причинно-следственными тропинками, а значит, и дальнейшее расширение понятия «фенотип» вряд ли поразит наше воображение. В данной главе мы предпримем первый шаг в сторону такого расширения, взглянув на артефакты животных как на примеры фенотипической экспрессии генов (артефакты животных — это объекты, которые они создают. — *Примеч. ред.*)

Представим себе некий гипотетический вид ручейника, личинки которого строят свой домик, подбирая для этой цели камешки с речного дна. Представим также, что в популяции встречаются два четко различимых типа домиков — темные и светлые. Проведя скрещивания, выясняем, что такие признаки, как «темный домик» и «светлый домик», не имеют переходных форм и наследуются в соответствии с элементарными законами Менделя — скажем, темная окраска домика доминирует над светлой.

В принципе нет ничего невозможного в том, чтобы с помощью рекомбинационного анализа выяснить, где именно гены окраски домика располагаются на хромосоме. Все это, разумеется, умозрительно. Я не слышал ни о каких генетических исследованиях домиков ручейников и вряд ли когда-нибудь услышу, потому что взрослые особи плохо размножаются в неволе. Но будь технические трудности преодолимы, никто особенно не удивился бы, оказавшись цвет домика обычным, наследуемым по Менделю признаком, как это было в моем мысленном эксперименте. (На самом деле пример с цветом я выбрал неудачно, поскольку зрение у ручейников слабое и при выборе камешков они почти наверняка не руководствуются их внешним видом. Но я продолжу оперировать их цветом ради проведения аналогии с черным пигментом, обсуждавшимся выше.)

Из сказанного вытекает интересное следствие. Цвет домика определяется не черным пигментом, синтезированным биохимически, а цветом камешков, собранных личинкой с

речного дна. Гены, обуславливающие цвет домика, должны действовать посредством поведенческих механизмов — возможно, с использованием зрения. С этим согласится любой этолог. Эта глава добавляет к рассуждению следующее логическое звено: раз мы признали существование генов строительного поведения, то это значит, что в соответствии с принятыми правилами терминологии мы должны и сам артефакт считать частью фенотипической экспрессии генов животного. Камешки находятся за пределами организма, однако если рассуждать логически, то ген будет «геном цвета домика» в силу оснований столь же веских, как и те, по которым гипотетический ген *B* был геном цвета кожи. А ген *B* действительно был геном цвета кожи, пусть даже он действовал посредством поведенческой склонности находиться на свету. <...>

И вот мы сделали первый шаг по вынесению границ понятия «фенотипический эффект гена» за пределы индивидуального организма. Этот шаг был нетрудным, поскольку мы уже подготовили себя к нему, осознав тот факт, что даже нормальные «внутренние» фенотипические эффекты могут быть завершением длинных, разветвленных и петляющих причинно-следственных цепочек. Теперь давайте продвинемся еще чуть-чуть дальше.

Домик личинки ручейника не является, строго говоря, частью ее тела, состоящего из клеток, однако он это тело аккуратно облегает. Если рассматривать организм как транспортное средство для генов, машину выживания, то легко увидеть, что каменный домик — своего рода дополнительная защитная стенка, наружная часть транспортного средства. Просто состоит она из камня, а не из хитина. Теперь давайте представим себе паука, сидящего в центре сплетенной им ловчей сети. Если рассматривать его как транспортное средство для генов, то паутина не будет частью этого транспортного средства в том же самом явном смысле, как это было с домиком ручейника, поскольку, когда паук поворачивается, паутина не поворачивается вместе с ним. Но эта разница несущественна. Паутина — это поистине временное функциональное продолжение организма, гигантское увеличение зоны действия органов для захвата добычи.

Я опять-таки никогда не слышал про генетический анализ строения паутины, но в подобном анализе нет ничего принципиально невозможного. Известно, что у пауков существует индивидуальный «почерк», повторяющийся от паутины к паутине. Например, было замечено, как одна самка *Zygiella x-notata* сплела более 100 ловчих сетей, и во всех отсутствовало одно и то же кольцо (Witt, Read & Peakall, 1968). Да само наше убеждение, что паутина приобрела свою высокоэффективную форму в результате естественного отбора, неизбежно приводит нас к мысли, что хотя бы в прошлом разнообразие паутин должно было находиться под влиянием генов. Как и в случае с домиком личинки ручейника, гены должны были оказывать свое действие через поведение, а прежде того в эмбриональном развитии, вероятно, через строение нервной системы, а еще прежде, вероятно, через биохимию клеточных мембран. Какими бы конкретными путями ни действовали гены в онтогенезе, маленький добавочный шаг от поведения к паутине не более невообразим, чем множество тех предшествовавших ему причинно-следственных шагов, которые остались скрыты в лабиринтах развития нервной системы.

С точки зрения этой книги артефакт животного, как и любое другое фенотипическое проявление, на изменчивость которого влияет некий ген, можно считать потенциальным рычагом для перебрасывания этого гена в следующее поколение. Ген может способствовать своему дальнейшему продвижению, украсив хвост самца райской птицы сексуальным синим перышком или же заставив самца шалашника покрасить свой шалаш синим соком, выдавленным из ягод. Эти два примера различаются кое-какими деталями, но для генов

результат один и тот же. Тем генам, у которых лучше получается наделить особь сексуальной привлекательностью, благоприятствует отбор, и не важно, каковы их фенотипические эффекты — «обычные» или «расширенные». В пользу этого говорит интересное наблюдение: виды шалашников, строящие особенно роскошные шалаша, отличаются относительно невзрачным оперением, в то время как у более нарядно окрашенных видов шалаша, как правило, менее искусные и пышные (Gilliard, 1963). Как будто некоторые виды частично переложили ответственность за адаптацию с фенотипа организма на расширенный фенотип.

Фенотипические эффекты, о которых мы говорили до сих пор, не уходили от породивших их генов дальше чем на несколько ярдов, но в принципе нет никаких причин, по которым длина фенотипических рычагов гена не могла бы исчисляться милями. Бобр строит плотину неподалеку от своей хатки, но в результате может быть затоплена площадь в тысячи квадратных метров. Что касается того, какие преимущества запруда дает бобру, то наиболее правдоподобно предположение, что таким образом увеличивается расстояние, которое он может преодолевать по воде, а это и безопаснее, и проще для транспортировки древесины. Бобр, живущий у ручья, быстро израсходовал бы запас пригодных в пищу деревьев, расположенных на берегу этого ручья на приемлемом расстоянии. Перегородив ручей плотиной, бобр создает протяженную береговую линию, чтобы безопасно и удобно запастись корма и избавиться от необходимости долгих и тяжелых сухопутных экспедиций.

Если такая догадка верна, тогда пруд можно рассматривать в качестве огромного расширенного фенотипа, увеличивающего площадь добывания пищи аналогично паучьей сети. Как и в случае с паутиной, никто никогда не проводил генетического анализа бобровых плотин, но на самом деле нам это и не нужно, чтобы называть плотину и пруд частью фенотипической экспрессии генов бобра. Достаточно лишь признать, что плотины бобров возникли в результате дарвиновского естественного отбора, а это могло произойти только в том случае, если среди плотин существовала изменчивость, находившаяся под контролем генов.

Обсудив всего несколько примеров объектов, созданных животными, мы уже раздвинули границы понятия «фенотип гена» на много миль. И тут мы сталкиваемся с трудностью. Бобровую плотину строит обычно не одна особь. Как правило, моногамные пары трудятся совместно, а последующие поколения семьи поддерживают в рабочем состоянии и расширяют «наследие», которое может включать в себя каскад из полудюжины плотин, а иногда еще и несколько «искусственных каналов». Про домик личинки ручейника и про паутину было легко говорить, что они представляют собой расширенный фенотип генов создавшего их индивида. Но как прикажете трактовать артефакт, произведенный совместными усилиями пары животных или целой семьи?

Дальше больше — вообразите-ка термитник, построенный колонией Kompasных термитов, эту плиту, напоминающую надгробие, одну из вереницы однотипных глыб, ориентированных строго с севера на юг, рядом с которыми их строители выглядят такими же крошечными, каким выглядел бы человек на фоне километрового небоскреба (von Frisch, 1975). Она была сооружена миллионами термитов, коллективы которых разделяло время, подобно тому, как средневековые каменщики всю жизнь трудились над одним собором и не могли увидеть своих коллег, которым предстояло завершить работу. Тот, кто считает единицей отбора организм, вправе задаться вопросом: а *чьим именно* расширенным фенотипом предполагается считать термитник?

Если вам кажется, что, несмотря на все доводы, это соображение делает концепцию расширенного фенотипа затруднительной, то обратите внимание на то обстоятельство, что с «обычными» фенотипами всегда возникала такая же пробле-



ма. Мы уже свыклись с мыслью, что какой-то конкретный фенотипический признак, будь то орган или поведенческая схема, подвержен влиянию большого числа генов, эффекты которых суммируются или же взаимодействуют более сложным образом. Рост человека в определенном возрасте — это признак, зависящий от генов из многих локусов, которые взаимодействуют друг с другом, а также с рационом и с другими факторами среды. Высота термитника, находящегося в определенном «возрасте», тоже, несомненно, регулируется множеством факторов среды и многими генами. И не принципиально, что в случае с термитником арена *непосредственного* действия генов внутри организма оказалась распределенной между клетками большого числа рабочих особей.

Если нас так беспокоит непосредственное действие генов, то гены, от которых зависит мой рост, осуществляют свое влияние, тоже распределяя эффекты между множеством отдельных клеток. В моем теле полно генов — все соматические клетки получили по идентичной порции. Каждый ген действует на клеточном уровне, причем только меньшинство генов экспрессируется в каждой клетке. Суммарный эффект всех этих воздействий на клетки и аналогичных влияний окружающей среды может быть измерен как единый параметр — рост моего тела. В термитнике точно так же полным-полно генов. Эти гены тоже распределены между ядрами большого числа клеток. Так вышло, что эти клетки, в отличие от клеток моего организма, не содержатся внутри одной компактной единицы, но даже тут разница не очень велика. Термиты двигаются друг относительно друга свободнее, чем это могут делать человеческие органы, но разве нам не известны случаи, когда клетки человека быстро перемещаются по организму для выполнения каких-то своих задач? Взять хотя бы фагоциты, преследующие микроскопических паразитов и заглатывающие их.

Более важное отличие (в случае термитника, но не в случае кораллового рифа, построенного генетически идентичными особями) состоит в том, что упаковки, по которым расфасованы клетки термитника, генетически разнородны: каждый отдельный термит представляет собой клон клеток, но клон иной, нежели все остальные особи из того же гнезда. Однако это лишь относительное затруднение. Существенно то, что и здесь гены производят свои эффекты, которые можно сравнить с действием аллелей-соперников, — эффекты количественные, взаимодействующие друг с другом, видоизменяющие друг друга и влияющие на общий фенотип, а именно на термитник. Как бы клетки ни объединялись — в один крупный однородный клон, как в случае с организмом человека, или в разнородный набор клонов, как это происходит в термитнике, — принцип один и тот же. <...>

Что же тогда может представлять собой генетика термитников? Предположим, нам надо изучить популяцию термитников, построенных компасными термитами в австралийских степях, оценивая какой-нибудь признак вроде цвета, отношения длины к ширине у основания или некой черты внутреннего строения — термитники, как и организмы, имеют сложное устройство, и у них можно выделить «органы». Как бы мы могли провести генетический анализ такого фенотипа, созданного коллективным трудом? Не стоит надеяться, что мы обнаружим обычное менделевское наследование с простым доминированием. Очевидная сложность, о которой уже упоминалось, состоит в том, что генотипы строителей любого термитника друг другу не идентичны.

Однако на протяжении большей части жизни среднестатистической колонии все ее рабочие приходятся друг другу родными братьями и сестрами, детьми исходной царской пары крылатых особей, основавших колонию. Рабочие, как и их родители, диплоидны. Мы можем исходить из того, что два набора генов царя и два набора генов царицы, многократно перетасованные, разошлись между несколькими миллионами организмов рабочих. Следовательно, «генотип» всей со-

вокупности рабочих особей можно в некотором смысле рассматривать как один *тетраплоидный* генотип, образованный всеми генами пары основателей.

На самом деле по ряду причин ситуация не столь проста — например, в старых колониях могут возникать дополнительные репродуктивные особи, которым полностью передается функция размножения в том случае, если кто-то из исходной царской пары умирает. Это означает, что те рабочие, которые будут достраивать термитник, могут придти первым строителям племянниками и племянницами (вероятно, инбредными и, кстати говоря, генетически весьма однородными — Hamilton, 1972; Bartz, 1979). Эти новые репродуктивные особи тоже получили свои гены из «тетраплоидного» набора, предоставленного первоначальной царской парой, однако в их потомстве будет перетасовано уже некое подмножество исходного множества генов. Таким образом, «генетик термитников» мог бы, в числе прочего, попытаться обнаружить внезапные перемены в деталях строительства после того, как одну из первичных репродуктивных особей сменит вторичная.

Давайте пренебрежем проблемой, создаваемой дополнительными репродуктивными особями, и ограничим наше воображаемое генетическое исследование изучением молодых колоний, где все рабочие особи — родные братья и сестры. Может оказаться так, что некоторые признаки, по которым термитники отличаются друг от друга, в значительной степени контролируются одним локусом, в то время как другие регулируются многими генами из разных локусов. Это не отличается от обыкновенной генетики диплоидных организмов, но теперь у нашей кватитетраплоидной генетики возникают кое-какие сложности.

Предположим, что существует генетическая изменчивость поведенческого механизма, определяющего выбор цвета глины, применяемой при строительстве. (Цвет снова взят для единообразия с предыдущими мысленными экспериментами, хотя опять-таки реалистичнее было бы не касаться визуальных признаков — термиты мало пользуются зрением. Если нужно, мы можем считать, что выбор делается с помощью химического чувства — цвет глины случайно коррелирует с какими-то ее химическими свойствами. Это будет даже поучительно, ибо в очередной раз напомним нам, что названия, которые мы даем фенотипическим признакам, произвольны и условны.) Для простоты давайте считать, что выбор глины зависит от диплоидного генотипа отдельных рабочих, регулируется одним локусом и наследуется по Менделю: допустим, выбор темной глины доминирует над выбором светлой глины. Следовательно, термитник, построенный колонией, в которой некоторые рабочие предпочитают темный цвет, а некоторые светлый, будет состоять из смеси темной и светлой глины и предположительно иметь промежуточную окраску. Разумеется, такие простые генетические допущения чрезвычайно неправдоподобны. Они аналогичны тем упрощениям, которые мы обычно делаем, когда объясняем элементарные закономерности обыкновенной генетики, и я использую их здесь, чтобы точно так же разъяснить, как могли бы проводиться исследования в «расширенной генетике».

Итак, если принять эти допущения, то мы могли бы выписать все ожидаемые расширенные фенотипы (касающиеся только цвета глины, разумеется), получающиеся в результате скрещивания пары основателей, обладающих любыми возможными генотипами. Например, во всех колониях, основанных гетерозиготными царем и царицей, рабочие, строящие из темной глины, и рабочие, строящие из светлой глины, будут содержаться в соотношении 3:1. Расширенный фенотип, который возникнет в результате, будет представлять собой термитник, на три четверти состоящий из темной глины и на четверть — из светлой, то есть почти, но не абсолютно темный. Если же на выбор цвета глины влияют полигены из различных локусов, то можно предположить, что «тетраплоидный» фенотип будет влиять на расширенный фенотип по принципу кумулятивной полимерии. Колония благодаря своему гигантскому размеру будет действовать как некий статистический усреднитель, с помощью которого весь термитник станет расширенным фенотипическим выражением генов царской пары. Он будет проявляться через поведение нескольких миллионов рабочих особей, каждая из которых содержит свою диплоидную выборку из этих генов.

Цвет глины — пример для нас незатруднительный, поскольку глина сама смешивается простым кумулятивным образом: добавьте темную глину к светлой — получите глину цвета хаки. Следовательно, мы могли легко предсказать результат, исходя из предположения, что каждый рабочий действует сам по себе, выбирая глину своего любимого цвета (или связанное с этим цветом химическое вещество) в соответствии со своим собственным диплоидным генотипом. Но что мы можем сказать про какую-нибудь черту общего строения термитника — скажем, про отношение длины к ширине? Такой признак, по сути своей, не может определяться выбором, делаемым каждой отдельно взятой рабочей особью. Каждый рабочий подчиняется каким-то поведенческим установкам, и как суммарный итог деятельности тысяч особей возникает термитник, имеющий правильную форму и строго определенных размеры.

Но и с этой сложностью мы с вами уже сталкивались, когда речь шла об эмбриональном развитии обычного диплоидного многоклеточного организма. Эмбриологи все еще бьются над проблемами такого рода, и проблемы эти труднопреодолимы. Тут определенно можно провести близкую аналогию с развитием термитника. Например, обычные эмбриологи часто апеллируют к такому понятию, как химический градиент, и в то же время известно, что форма и размер царской ячейки у *Macrotermes* определяются градиентом феромонов, исходящих от царицы (Bruinsma & Leuthold, 1977). Каждая клетка развивающегося зародыша ведет себя так, как будто она «знает», в какой именно части тела находится, и, когда она вырастает, ее форма и физиология соответствуют этой части тела (Wolpert, 1970).

Иногда последствия мутации легко поддаются объяснению на клеточном уровне. Например, мутация, влияющая на кожную пигментацию, оказывает вполне очевидное «местное воздействие» на каждую клетку кожи. Но есть мутации, которые изменяют сложные признаки самым решительным образом. Так, хорошо известны «гомеозисные» мутации у *Drosophila*, когда, например, из антеннальной ямки вместо антенны вырастает целая и во всех отношениях развитая нога. Чтобы изменение в одном-единственном гене приводило к столь значительному и при этом упорядоченному изменению фенотипа, оно должно наносить повреждение на достаточно высоком уровне в иерархической «цепи инстанций». Можно провести такую аналогию. Если один пехотинец вдруг спятит, то только он один и выйдет из-под контроля. Но если вдруг генерал потеряет рассудок, то вся армия начнет вести себя как безумная — скажем, вместо противника нападет на союзника, хотя каждый отдельный солдат этой армии будет, как обычно, осознанно выполнять приказы и его поведение внеш-

не будет неотличимо от поведения солдата армии, возглавляемой психически здоровым генералом.

Возможно, отдельный термит, трудящийся над крохотным закуточком своего термитника, в чем-то похож на клетку в развивающемся зародыше или на отдельного солдата, прилежно выполняющего приказы, глобальное значение которых ему непонятно. Нигде в нервной системе насекомого нет ничего хотя бы отдаленно напоминающего план всего термитника (Wilson, 1971). Каждая рабочая особь оснащена простым набором поведенческих правил и, вероятно, выбирает то или иное поведение из своего «инструментария», руководствуясь локальными стимулами, порождаемыми уже сделанной работой, вне зависимости от того, сама она сделала ее или другие рабочие. Эти стимулы — часть текущего состояния строящегося гнезда в непосредственной близости от рабочей особи (Grassl, 1959). Для моих целей не имеет значения, что именно представляют собой такие поведенческие правила, но они могли бы выглядеть наподобие следующего: «Если наткнешься на кучку глины, ароматизированную таким-то феромоном, положи еще кусочек сверху». Важная особенность таких правил — их исключительно местное значение. Грандиозная конструкция всего термитника возникает только как суммарный результат микроинструкций, выполнявшихся тысячи раз (Hansell, 1984).

Особенный интерес вызывают те правила местного значения, которыми определяются общие свойства термитника-компыса, например его длина у основания. Откуда начинающие строительство рабочие особи «знают», что подошли к границе будущего здания? Возможно, примерно оттуда же, откуда клетки, расположенные на границе печени, «знают», что они находятся не в центре органа. В любом случае, какими бы ни были эти локальные поведенческие правила, задающие форму и размер всего термитника, можно предположить, что в популяции они подвержены генетической изменчивости. Вполне правдоподобно, а на самом деле практически неизбежно, что и форма, и размер термитника — точно так же, как и любая особенность морфологии организма, — стали такими, какие они есть, в результате естественного отбора. А это могло произойти только через отбор мутаций, затрагивающих строительное поведение рабочих термитов «на местах».

Вот тут-то и встает та особая проблема, которой не возникало ни при обычном эмбриогенезе многоклеточного организма, ни в нашем примере со смешиванием темной и светлой глины. В отличие от клеток многоклеточного организма, рабочие особи генетически не идентичны. В случае с разноцветной глиной было легко предположить, что генетически неоднородная рабочая сила просто-напросто построит термитник из смешанного материала. Но деятельность рабочей силы, гетерогенной по одному из поведенческих правил, влияющих на форму всего термитника, может привести к любопытным результатам.

По аналогии с нашей простой моделью выбора глины «по Менделю», колония может состоять из рабочих, придерживающихся двух различных инструкций касательно границы термитника, скажем, в соотношении три к одному. Мне доставляет удовольствие воображать, как такая бимодальная колония обнесет термитник двойными стенами, разделенными ровом. Но более вероятно, что среди правил, которым подчиняются особи, содержится и предписание меньшинству повиноваться решению большинства, так что возведена будет только одна стена, имеющая четкую форму. Это может осуществляться сходным образом с тем «демократическим» выбором места для нового гнезда у роящихся медоносных пчел, который наблюдал Линдауэр (Lindauer, 1961).

Пчелы-разведчицы оставляют рой висеть на ветвях, а сами отправляются на поиск мест, пригодных для жилища, например дуплистых деревьев. Каждая разведчица возвращается и танцует на поверхности роя, используя знаменитый «код фон Фриша», чтобы указать направление и расстояние до

предполагаемого места для поселения. «Энергичность» танца говорит о том, как сама разведчица оценивает достоинства этого места. На его изучение отряжаются новые пчелы, и если они «одобряют», то, вернувшись, исполняют танец «в его поддержку». По прошествии нескольких часов все разведчицы разбиваются на «партии», каждая из которых «агитирует» за свое место для гнездования. Постепенно миноритарные «точки зрения» становятся еще более миноритарными, поскольку все большее количество пчел переходит на сторону большинства. Когда большинство в поддержку какого-то одного места становится подавляющим, весь рой поднимается и летит туда обустраиваться.

Линдауэр наблюдал, как происходил этот процесс в девятнадцати различных случаях роения, и только дважды пчелы долго не могли прийти к консенсусу. Цитирую его описание одного из этих инцидентов.

«В первом случае две группы вестниц стали спорить: одна группа сообщала о месте для гнездования на северо-западе, а другая — на северо-востоке. Ни те ни другие не желали уступить. Наконец, рой взлетел и — я едва верил своим глазам! — стал пытаться разделиться. Одна половина хотела лететь на северо-запад, другая — на северо-восток. Каждая группа пчел-разведчиц явно намеревалась вынудить рой лететь за собой. Но это было, естественно, невозможно, поскольку половине роя пришлось бы остаться без матки. И в итоге все вылилось в удивительное перетягивание каната в воздухе: 100 метров к северо-западу, потом еще 150 метров на северо-восток... Наконец, спустя полчаса, рой снова собрался на прежнем месте. Обе группы незамедлительно возобновили свои назойливые танцы, и только на следующий день «северо-восточная группировка» сдалась. Она прекратила танцевать, и таким образом было принято общее решение гнездиться на северо-западе» (Lindauer, 1961).

Здесь не делается предположение, что эти две подгруппы пчел различались генетически, хотя это и возможно. Для идеи, которую я тут излагаю, важно то, что каждая особь следует своим поведенческим инструкциям, имеющим частный характер, а в совокупности это обычно приводит к скоординированному поведению роя в целом. Такие инструкции, несомненно, включают в себя и правило разрешения споров в пользу большинства. Разногласия по поводу местоположения внешней стены термитника могут быть так же существенны для выживания колонии, как и разногласия по поводу места для гнездования у линдауэровских пчел (выживание колонии имеет значение, поскольку от него зависит выживание генов, помогающих индивидам разрешать споры). В качестве рабочей гипотезы мы могли бы предположить, что урегулирование конфликтов, связанных с генетической неоднородностью у термитов, происходит аналогичным способом. Так расширенный фенотип мог бы принимать определенную и правильную форму, несмотря на то что возводящие его строители генетически различны.

Проделанный в этой главе анализ артефактов рискует на первый взгляд быть доведенным до абсурда. Могут спросить: нельзя ли любое воздействие, оказываемое животным на мир, в каком-то смысле считать расширенным фенотипом? А как насчет следов на песке, которые оставляет кулик-сорока, тропинок, протоптанных в траве овцами, пышной растительности на месте прошлогодней коровьей лепешки? Голубиное гнездо — это, вне всякого сомнения, артефакт, но ведь, собирая веточки, птица изменяет и внешний вид земли, на которой они лежали. Если мы называем гнездо расширенным фенотипом, то не должны ли мы применить это понятие и к голому участку земли, где до этого валялись прутики?

Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны вспомнить, по какой фундаментальной причине нас вообще интересует фенотипическая экспрессия генов. Причин может быть много, но та, которой мы занимаемся в этой книге, вот такая. Нас интересует сущность естественного отбора, то есть диффе-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ренциального выживания таких реплицирующихся объектов, какими являются гены. Отбор благоприятствует или не благоприятствует генам по сравнению с их аллелями-конкурентами в зависимости от фенотипического воздействия, которое эти гены оказывают на мир. Некоторые фенотипические эффекты могут быть случайными последствиями других фенотипических эффектов и никоим образом не влиять на шансы выживания тех генов, что произвели их.

Генетическая мутация, изменяющая форму лапки кулика-сороки, несомненно, будет влиять на успехи кулика в распространении этой мутации. Например, она может слегка уменьшать риск увязания птицы в грязи, но зато слегка замедлять перемещение по твердой поверхности. Такие эффекты, по всей вероятности, имеют к естественному отбору самое прямое отношение. Но эта мутация будет также производить и предполагаемый расширенный фенотипический эффект: воздействовать на форму отпечатков, оставляемых птицей на грунте. Если (что почти наверняка) это никак не сказывается на успехе затронутого мутацией гена (Williams, 1966), то, значит, тут нет ничего интересного для того, кто изучает естественный отбор, и нет смысла говорить об этом, как о расширенном фенотипе, хотя формально, возможно, это и не было бы ошибкой.

С другой стороны, если бы измененный отпечаток лапки кулика-сороки действительно как-нибудь влиял на выживаемость птицы — скажем, хищникам было бы труднее ее выследить, — тогда я бы предпочел рассматривать это как часть расширенного фенотипа данного гена.

Досадно, что этой главе пришлось быть в большой степени гипотетической. Генетика строительного поведения, какой вид животных ни возьми, исследовалась крайне мало (например, Dilger, 1962), но нет причин считать, что «генетика артефактов» будет чем-то принципиально отличаться от генетики поведения вообще (Hansell, 1984). Идея расширенного фенотипа пока еще слишком непривычна для генетиков, чтобы им могло ни с того ни с сего прийти в голову изучать фенотип термитников, даже если бы это было легко — а это трудно. Однако следует признать хотя бы теоретическую ценность такого раздела генетической науки, если только мы признаем дарвиновскую эволюцию термитников и бобровых плотин.





## Между ушами

Рынок научно-популярной литературы не так беден, как казалось. Вот, например, книга Льва Шильника «Между ушами. Феномены мышления, интуиции и памяти» из серии «Homo incognitus» («Человек непознанный») издательства НЦ ЭНАС. Кстати, достойное внимания издательство. Оно выпускает научно-технические, учебные и научно-популярные книги. С химией, правда, там негусто, разве что в серии «Портфель учителя» издана книга замечательного московского педагога Владимира Нодаровича Головнера «Химия: интересные уроки. Из зарубежного опыта преподавания». И вообще, авторов издательство подбирает любопытных. Среди них, к примеру, Кирилл Еськов с его «Евангелием от Аффрания» – необычным взглядом на новозаветную историю. А серию «Homo incognitus» составляют несколько книг Л. Шильника.

Лев Вадимович Шильник по образованию врач, и неудивительно, что одна из его книг повествует о связи между деятельностью мозга и психикой человека. Автор популярно рассказывает о проблемах нейропсихологии, психологии восприятия и когнитивной психологии. Собственно говоря, Лев Шильник пересказывает то, что ранее было написано как в научных работах по психологии и нейрофизиологии, так и в научно-популярных изданиях. Зачастую от изложения проблемы автор переходит к пространному цитированию известных ученых и популяризаторов науки. Это и психолог Владимир Львович Леви, и этолог Виктор Рафаэлевич Дольник с его чудной книгой «Непослушное дитя биосферы», и биолог Виктория Скобеева, и многие другие. Мало того, в книге цитируется известный историк Евгений Викторович Тарле (о Наполеоне), химик Вильгельм Оствальд (о дихотомическом подходе к перебору вариантов), Игорь Губерман (история создания кинокомпании «Метро Голдвин Мейер»), Михаил Анчаров (роман «Самшитовый лес»), Владимир Маяковский («Автобиография»), стихи Осипа Мандельштама, Арсения Тарковского, Артюра Рембо и даже «людоведа и душелюба» Евгения Сазонова... Всех перечислить – места не хватит.

Казалось бы, зачем пересказывать то, что уже было сказано раньше? И стоит ли такой пересказ читать? Ну во-первых, не факт, что каждый из нас прочел все это в оригинале. Да, в книге много известных фактов и теорий, но наверняка попадутся и ранее не встречавшиеся интересные сведения. Во-вторых, попробуй найти и перечитать все эти работы, далеко не полный перечень которых приведен в списке использованной литературы! Среди них есть книги давних годов издания, которые могут быть недоступны современному молодому читателю. Лев Шильник все это не просто прочитал, но объединил общей идеей и связал с самыми неожиданными отрывками из литературных произведений.

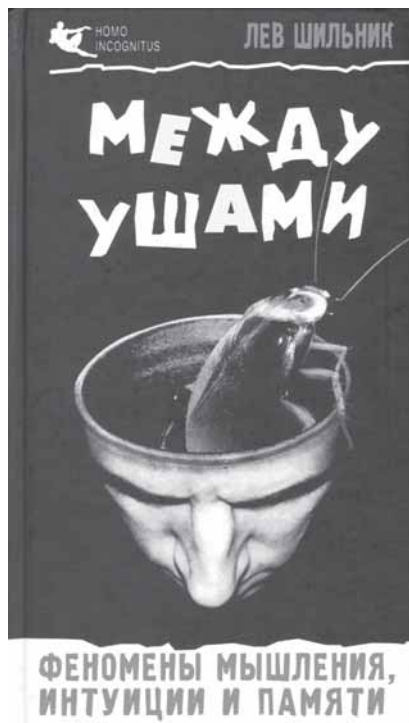
Даже известные со школьных лет истории — про «привидевшиеся во сне» периодическую систему и формулу бензола — иллюстрируют психологические механизмы научных открытий. А есть еще истории про Резерфорда и планетарную модель, про Планка и кванты, про Гаусса и сумму членов арифметической прогрессии... и множество других. Даже взрослый человек, получивший естественно-научное образование, найдет в этой книге массу интересной информации. Например, о коллективном разуме насекомых. Вот, на мой взгляд, малоизвестный факт: «В амазонской сельве иногда встречаются лесные участки, на которых растут деревья только одного вида. Вообще-то это весьма странно, поскольку дождевые экваториальные леса не знают себе равных по богатству и разнообразию флоры... Местные индейцы называют такие места «садами дьявола» и стараются их избегать... Сравнительно недавно биологи выяснили, что творцы знаменитых «садов» —

муравьи определенного вида, живущие в стволах деревьев. ...Муравьи просто-напросто уничтожают ростки всех других деревьев, впрыскивая в их листья муравьиную кислоту» (а вот и химия!). И много другого, не менее интересного о муравьях, пчелах и осках сфексах. Что-то мы читали у Фабра, что-то у Дольника, а иное узнаем впервые.

Это только одна глава, а в книге их восемь. В другой главе рассказ начинается с памяти, переходит к строению нервной клетки и механизму передачи нервного импульса, нуклеиновым кислотам и их функциям, потом автор не может удержаться, чтобы не разнести в пух и прах философские воззрения вождя мирового пролетариата, и вот уже мы узнаем занимательные факты о плацебо-эффекте. Вдруг выясняется, что на женатых плацебо действует сильнее, чем на холостых. Интересно, что здесь причина, а что следствие? Или вот: «эффект плацебо-препаратов напрямую связан с цветом капсулы». Наиболее эффективны красные, желтые или коричневые пилюли, а фиолетовые не действуют вообще.

Рассказ плавно течет от одной проблемы к другой, и отрываться от него не хочется. Не буду пересказывать, что автор пишет о зрительном восприятии, творческом мышлении, биологических часах и прочем. Приведу одну задачу, в которой требуется найти нестандартное решение. Некий лондонский купец не смог расплатиться с ростовщиком, и ему грозила долговая тюрьма. Ростовщик предложил сделку: он простит долг, если дочь купца выйдет за него замуж. Чтобы не выглядеть окончательным негодяем, ростовщик предложил бросить жребий: «Мы положим в пустой кошелек два камешка – черный и белый, а девушка вытащит один из них. Если ей достанется черный, она идет замуж, если белый – остается с отцом. В обоих случаях долг считается погашенным... Ростовщик склонился над садовой дорожкой, чтобы подобрать камешки, и тут девушка заметила, что он положил в кошелек два черных камня». Разоблачать коварного ростовщика ей было не с руки, потому что в этом случае сделка расторгается и отец идет в тюрьму. Однако нестандартно мыслящая девушка нашла выход из ситуации. В результате долг был погашен, а подлый ростовщик остался ни с чем. Какой именно выход? Об этом читайте в книге Льва Шильника «Между ушами».

К сожалению, коллаж на обложке книги омерзителен. Идиома «тараканы в голове», приобретающая буквальность, вызыва-



**Лев Шильник.**

«Между ушами.  
Феномены мышления,  
интуиции и памяти»  
ЭНАС, 2008



ет содрогание. И еще одна странность. В целом текст книги не «ёфицирован» — «все-таки» и «ее» пишутся без «ё». Однако фамилия четвертого чемпиона мира по шахматам Александра Александровича Алехина напечатана с демонстративной буквой «ё». Но ведь известно, что сам шахматист был недоволен, если его называли на простонародный манер «Алехиным», и настаивал на произношении без «ё». Даже и в БСЭ уточнено «Алехин (прав. Алехин)». Понятно, что неверное произношение возникло из-за пренебрежения на письмо буквой «ё». И издательство НЦ ЭНАС здесь не исключение. Но раз уж начали пренебрегать, будьте последовательны. Возрождение буквы «ё» достойно одобрения, но как раз в данном конкретном случае оно неуместно.

**Е. Лясота**

## Украли перевод

В одних и тех же книжных магазинах сегодня продаются сразу две «Краткие истории химии» Айзека Азимова, выпущенные разными издательствами в начале этого века. Их тексты практически не отличаются друг от друга, но вот имена переводчиков разные. Интересно, сумел бы объяснить такой парадокс сам знаменитый фантаст?

Еще в 1983 году в московском издательстве «Мир» в моем переводе с английского вышла книга знаменитого американского писателя-фантаста и популяризатора науки Айзека Азимова «Краткая история химии». Следует заметить, что не так много известных писателей и ученых пишут популярные исторические экскурсы в те или иные области естествознания. Книги Азимова восполняют этот пробел. Неудивительно, что его «Краткая история химии», опубликованная на русском языке, разошлась в нашей стране мгновенно.

*Три «Краткие истории химии» Айзека Азимова, выпущенные издательствами «Мир», «Амфора» и «Центрополиграф». Первые две — в переводе З.Гельмана, последняя — «в переводе» В.Абашкина*

В 2000 году ко мне обратилось петербургское издательство «Амфора» с просьбой передать ему права на переиздание этой книги. И в итоге она вышла, причем второе издание было стереотипно первому.

Когда же «Амфора» готовила третье издание, я предложил включить в книгу раздел, который ни в первое, ни во второе издание не вошел. Он касался так называемой теории резонанса в химии, которая в начале 80-х годов прошлого века еще оставалась предметом идеологических споров и судьба ее в какой-то степени напоминала судьбу генетики и кибернетики.

В начале 90-х годов я опубликовал этот раздел на страницах газеты «Химия» (приложение к газете «Первое сентября»), и «Амфора» вставила «Теорию резонанса» в третье издание. И вот когда третье издание книги разошлось по книжным магазинам, в те же магазины поступила «Краткая история химии» Айзека Азимова в переводе Вячеслава Абашкина, вышедшая в московском издательстве «Центрополиграф».

В этой книге до неузнаваемости изменены первые полторы страницы моего перевода, а остальной текст оставлен практически без изменений. По всей видимости, Абашкин не держал в руках английский оригинал книги, ибо, во-первых, раздел «Теория резонанса» он автоматически исключил, как было сделано в моих первых двух изданиях перевода. Во-вторых, Абашкин приписал «переводчику» примечания, которые делал не он и даже не я, а научный редактор перевода.

Находясь за рубежом, я, признаться, и представить себе не мог, что в одних и тех же книжных магазинах одновременно продаются две «Краткие истории химии» Айзека Азимова, изданные в разных издательствах, текстуально друг от друга практически неотличимые, но, как указано на титульных листах, переведенные разными людьми. По сути, переводчик Абашкин «переписал» перевод Захара Гельмана. Налицо чистейшей воды плагиат.

Вернувшись в Москву, я обратился с претензиями непосредственно в издательство «Центрополиграф». Там факт интеллектуального воровства и не отрицали. Даже попытались связаться с переводчиком, но, как выяснилось, Вячеслав Михайлович Абашкин безвременно скончался осенью прошлого года.

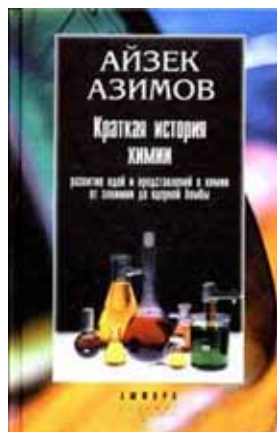
На титульном листе «Краткой истории химии», изданной в «Центрополиграфе», напечатано предупреждение: «Охраняется Законом РФ об авторском праве. Воспроизведение всей книги или любой ее части воспрещается без письменного разрешения издателя. Любые попытки нарушения закона будут преследоваться в судебном порядке». Какие правильные слова! Какое грозное предупреждение! Особенно о «преследовании в судебном порядке». Воистину дорога в ад выслана благими намерениями.

Как же солидное московское издательство не заметило предыдущие переводы на русский язык «Краткой истории химии» Азимова, если они присутствуют в каталогах почти всех крупных библиотек? В конце концов, издательский совет обязан проводить экспертизу предлагаемой к выпуску литературы. Мимо редакторов не должен был пройти «Библиографический указатель русских переводов и критической литературы на русском языке 1959—2000», изданный в 2001 году в Смоленске.

Отвечая на мои вопросы, юрист издательства «Центрополиграф» прямо сказал, что частные издательства (а к ним относится и «Центрополиграф») интересуются не качеством перевода, а возможностью меньше за него заплатить и получить все права на дальнейшие его издания. Что касается редакторов, то, по словам юриста, они заняты приведением переводов в читабельный вид, а заниматься экспертизой ни у кого нет времени.

В «Центрополиграфе» мне предложили подписать документ, согласно которому выпуск «Краткой истории химии» Айзека Азимова на русском языке «от имени переводчика В.М.Абашкина» — ошибка. Разумеется, я отказался. Во-первых, данный перевод был издан от имени издательства «Центрополиграф», а не от имени переводчика. Во-вторых, права на издание этой книги в моем переводе переданы «Амфоре», к которой и следовало обращаться за разрешением к переизданию. Понятно, что и в этом случае фамилию настоящего переводчика нельзя подменять. Так что вопрос о нарушении моих авторских прав издательством «Центрополиграф» я не считаю урегулированным. Правда, юристы «Амфоры» почему-то никак не отреагировали на ущемление прав своего издательства на «Краткую историю химии» Азимова, которую воспроизвел, нарушив закон, «Центрополиграф».

**З.Гельман**





КНИГИ

Ирина Давыдова  
**Секреты мозга**  
М.: Эксмо, 2010



**М**озг человека до сих пор остается загадкой для науки. Как мы мыслим, почему видим сны, как нам удается запоминать колоссальные пласты информации, есть ли мозговой код — эти и другие вопросы еще требуют уточнения. Однако очень многое о мозге уже известно, и каждый год приносит новые открытия. Эта книга расскажет обо всем, что мы знаем на данный момент — начиная от деления мозга на зоны, отвечающие за определенные функции, и заканчивая феноменами вроде ясновидения или телекинеза.

А.А.Каменский, М.В.Маслова, А.В.Граф  
**Гормоны правят миром. Популярная эндокринология**  
М.: АСТ-Пресс



**Э**ндокринология — наука о работе желез внутренней секреции. Небольшие по размеру органы — щитовидная железа, гипофиз, гипоталамус, надпочечники, половые железы, — вырабатывая микроколичества гормонов, филигранно руководят всеми процессами в нашем организме. Об основных эндокринных железах и выделяемых ими гормонах, о том, как устроены гормоны и каким образом они действуют, какими болезнями чреват гормональные нарушения, увлекательно рассказывают в своей книге сотрудники кафедры физиологии животных и человека Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

Ред.-сост. Ю.А.Золотов, В.А.Шапошник  
**Химики-аналитики о себе и о своей науке**  
М.: URSS, 2010



**У**ченые, работающие в области аналитической химии и много сделавшие для этой науки, рассказывают о себе, своем творческом пути и о том, как они добились результатов. Читатель также познакомится со взглядами ученых на науку, на взаимоотношения в научном сообществе. Книга будет интересна прежде всего химикам, работающим в той же области. Но много полезного и любопытного найдут и те, кто делает первые шаги в науке.

Кит Харрисон  
**Странности нашей эволюции**  
М.: Рипол Классик, 2010



**К**аждый, кто изучал в школе анатомию, вроде бы все знает о своем теле. Но мы знаем намного меньше, чем нам кажется. Скажите, почему наши локти и колени сгибаются в противоположных направлениях? Откуда берется боль в пояснице? А зубная боль? Почему женщины рожают в муках? И почему их походка сильно отличается от мужской? Откуда у мужчин взялись соски, если они, как известно, не кормят детей грудью? Почему некоторые люди ходят во сне? Эта книга подробно ответит на все эти вопросы и вдобавок расскажет много интересного о человеке и о его далеких предках. А еще вы узнаете, как тело человека будет эволюционировать в будущем и чем наши далекие потомки будут отличаться от нас с вами.

**Происхождение жизни. Наука и вера**

М.: Corpus, 2010



**К**нига написана группой экспертов Национальной академии наук США и Американского института медицины. Как на Земле возникла жизнь? По каким законам она развивалась? Сегодня в поисках ответов на эти вопросы люди в России и на Западе все реже обращаются к научному знанию. Креационистские концепции, приписывающие создание живых организмов высшим силам, привлекают своей кажущейся простотой и понятностью. Однако современная наука, основанная на эволюционной теории возникновения жизни, способна предложить ничуть не менее ясные, но куда более достоверные ответы на эти вопросы. Книга повествует о научных открытиях, подтверждающих истинность теории эволюции и наглядно показывающих эффективность ее применения в разных областях человеческой деятельности — от промышленности и сельского хозяйства до медицины и фармакологии.

**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)**

# Кошмар ювелира

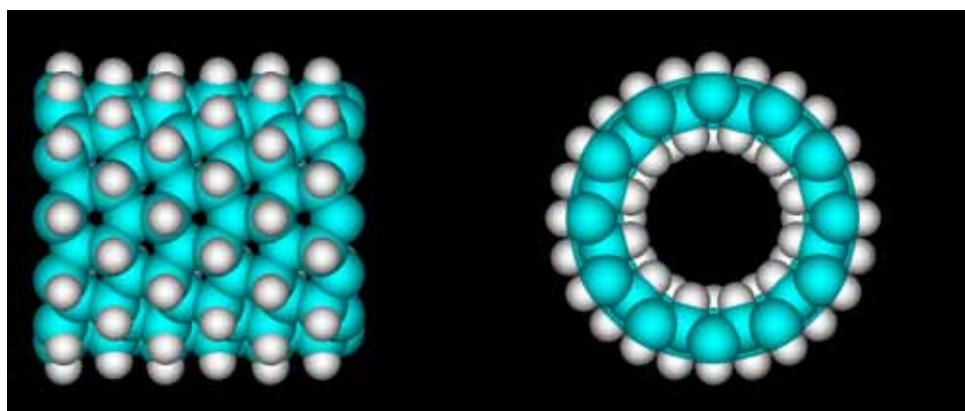
Доктор химических наук  
**М.Ю.Корнилов**

**И**з гидрированной Z-нотрубки было изготовлено Z-нанокольцо  $C_{3456}H_{3456}$  (рис. 1). Для этого отрезки  $C_{144}H_{144}$  со свободными концами (рис. 2) были размещены в виде правильного 24-угольника, после чего ближайшие концы соединены, и геометрия полученной структуры оптимизирована в режиме молекулярной механики. Получился гладкий тор без видимых дефектов. Расстояние между атомами водорода вблизи внутреннего экватора составило 0,255 нм, что близко к контактам H—H в кресловидной конформации циклогексана (0,263 нм), однако на самом экваторе тора контакты достигали 0,20 нм и менее. На наружной поверхности тора они составили 0,31—0,33 нм. На рис. 3 показаны фрагменты полученного кольца. Модель вполне подходит для будущего синтеза. Не имея кратных связей C—C, вещество из гидрированных нанокольцев должно быть бесцветным.

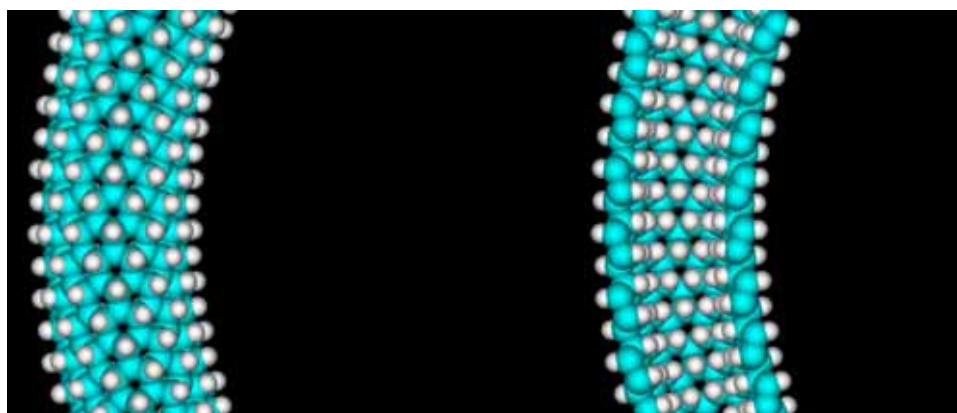
Чтобы проследить за последствиями напряжений, возникающих в результате близких контактов между атомами водорода на внутренней поверхности тора, было собрано Z-нанокольцо (рис. 4) из вдвое меньшего числа указанных выше деталей. В результате оптимизации его геометрии первоначально круглое внутреннее отверстие тора неожиданно приобрело почти квадратную форму! Причем длина контактов между внутренними атомами водорода составила 0,23 нм, а на крутых изгибах меньше 0,18 нм. Такова цена гигантских напряжений в гидрированном Z-нанокольце небольшого диаметра, что, безусловно, снижает вероятность его синтеза.



**1**  
Гидрированное Z-нанокольцо  $C_{3456}H_{3456}$  из 24 деталей, показанных на рис. 2. Светлые шарики — атомы водорода



**2**  
Две проекции детали  $C_{144}H_{144}$  для сборки нанокольца (рис. 1 и 4). Длина контактов между внутренними атомами водорода составляет 0,19 нм, между наружными 0,28—0,32 нм



**3**  
Фрагменты гидрированного Z-нанокольца  $C_{3456}H_{3456}$ . Справа показано сечение, у которого видны атомы водорода, устилающие внутреннюю поверхность нанокольца и имеющие близкие контакты



**4**  
Гидрированное Z-нанокольцо  $C_{1728}H_{1728}$  из 12 деталей (рис. 2) в начале и через 20 часов оптимизации геометрии

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА





# Молекулярные минералы: почему так мало?

**С**начала определение из словаря. «Минерал (от лат. *minera* — руда) — физически и химически индивидуализированное тело, возникшее в результате естественных физико-химических процессов в земной коре; большинство минералов — твердые кристаллические соединения, приблизительно однородные по химическому составу и физическим свойствам; являются составными частями руд, горных пород и других геологических тел». Сходное определение дается и в «Химической энциклопедии»: в ней к минералам причислены природные твердые тела с «характерным химическим составом, кристаллической структурой и свойствами».

Обратим внимание на слова «индивидуализированное тело», «однородные по химическому составу», «характерный химический состав». То есть такие природные вещества, как битум или асфальт, мы не рассматриваем.

Теперь о слове «молекулярный». Известно, что все кристаллические тела можно разделить на несколько типов, в зависимости от природы химических связей между атомами (молекулами) кристаллической решетки. К первому, самому распространенному в природе

типу относятся ионные кристаллы. Ионная кристаллическая решетка состоит из ионов противоположного знака, чередующихся в ее узлах. Типичный пример — поваренная соль, в кубической решетке которой располагаются ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Связь между ионами осуществляется за счет кулоновского взаимодействия. Ионные кристаллы хрупки и обладают сравнительно высокой температурой плавления благодаря прочности ионной связи. Например, энергия, необходимая для разрыва всех связей и атомизации кристалла, равна около 765 кДж/моль для  $\text{NaCl}$ , 1020 кДж/моль для  $\text{LiF}$  и почти 3500 кДж/моль для  $\text{CaO}$ .

Металлы и их сплавы образуют атомную решетку с металлической связью. В таких кристаллах часть электронов может передвигаться по всему объему металла («электронный газ»). Эти электроны обеспечивают и проводимость, и связь между атомами. Отсюда высокая электропроводность и пластичность большинства чистых металлов. Соответственно энергия их кристаллической решетки ниже, чем у ионных кристаллов: 86 кДж/моль для натрия, 132 кДж/моль для магния, 250 кДж/моль для серебра, 302 кДж/моль для меди, 350 кДж/моль для железа и хрома...

**И. А. Леенсон**

В атомных решетках атомы связаны друг с другом ковалентной или металлической связью. Типичный пример вещества с ковалентной атомной решеткой — алмаз. Ковалентные связи между атомами прочны, поэтому атомные кристаллические решетки. Так, для алмаза ее энергия равна 715 кДж/моль.

В кристаллах, особенно сложного состава, могут сочетаться разные типы связи. Кристаллы минералов в большинстве своем ионно-ковалентные (львиная доля кислородных соединений), чисто ионные (например, галогениды) или же характеризуются смешанным ковалентно-металлическим типом связи (сульфиды и их аналоги).

Наконец, в узлах молекулярной кристаллической решетки находятся нейтральные группы связанных между собой атомов — молекулы. В кристаллах такие группы соединены между собой слабыми вандерваальсовыми связями. Молекулярные решетки образуют немногие простые вещества (например, галогены и халькогены), а также практически все кристаллизующиеся органические соединения — за исключением полимеров и солей органических кислот. Поэтому молекулярные кристаллы, как правило, обладают низкой твердостью и невысокой температурой плавления. Например, иод плавится при 113 °С, глюкоза — при 146 °С, сахара — при 185 °С. По тепловому эффекту плавления молекулярных кристаллов можно судить и об энергии их кристаллических решеток. Так, для льда эта величина равна всего лишь 6,0 кДж/моль, для иода — 15,8 кДж/моль, для бензола — 10,0 кДж/моль, для сахарозы — 12,6 кДж/моль. Исключительно слабы кристаллические решетки двухатомных газов ( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$  и др.): эти газы затвердевают лишь при очень низких температурах, при которых энергия теплового движения становится меньше энергии кристаллической решетки. Так, чтобы разрушить кристаллическую решетку твердого азота, требуется всего 0,72 кДж/моль.



**ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА**



*Кристалл самородной серы, ширина образца 5,5 см.  
Новояворовское месторождение, Украина*



*Кристаллы самородной серы, ширина образца 4 см.  
Новояворовское месторождение, Украина*

Разительное отличие свойств молекулярных и ионных кристаллов легко продемонстрировать на примере двух галогенидов алюминия:  $AlF_3$  (ионная решетка) возгоняется при  $1280\text{ }^\circ\text{C}$ , а  $AlCl_3$  (молекулярная решетка) — всего при  $193\text{ }^\circ\text{C}$ !

Теперь понятно, почему молекулярных минералов в природе — кот наплакал. Трудно представить себе условия, при которых из сложнейших

смесей природных органических соединений, например из нефти, выкристаллизовались бы индивидуальные органические соединения, например гексадекан или какой-либо порфилин. Во-первых, процентное содержание индивидуальных веществ в природных смесях очень мало. Во-вторых, слабость кристаллической решетки не оставила бы таким минералам никаких шансов на

выживание в течение геологического времени, даже если бы они каким-то чудом появились. Значит, остаются в основном неорганические вещества. А среди них, как уже говорилось, подавляющее большинство относится к ионным, ковалентным и ионно-ковалентным соединениям.

Какие же минералы относятся к молекулярным? Казалось бы, набери в поисковой строке «молекулярные минералы» и читай в свое удовольствие, например, геологические сайты. Не тут-то было. При вводе этих слов (в кавычках) выпали всего две ссылки — но лишь на «молекулярные материалы»! Совсем другой результат дал поиск на «molecular minerals» — 728 ссылок в Google! Но оказалось, что так называются минеральные соли, входящие в различные БАДы: это была всего лишь реклама.

И все же, какие молекулярные минералы известны? Начнем с неорганических. И первым среди них следует назвать, хоть и со значительной натяжкой, замерзшую воду — лед. В земных условиях стабильна только одна кристаллическая модификация льда (ее называют лед-I). Почему с натяжкой? Потому что в кристаллах льда все молекулы воды связаны друг с другом водородными связями. Но все же в кристаллической решетке льда легко выделить индивидуальные молекулы  $H_2O$ . В них каждый атом кислорода связан ковалентными связями с двумя атомами водорода и еще двумя связями с двумя соседними молекулами воды (эти связи длиннее).

Ромбическая сера ( $\alpha$ -сера). Желтые кристаллы, плотность 2,07, плавятся при  $112,8\text{ }^\circ\text{C}$ , но выдерживание выше  $95,4\text{ }^\circ\text{C}$  переводит эту модификацию в  $\beta$ -серу с другой кристаллической решеткой. Кристаллы самородной серы могут достигать значительных размеров — известны образцы размером около 60 см.

Сенармонтит,  $\alpha$ -модификация оксида сурьмы(III)  $Sb_2O_3$ , образует октаэдр кубической системы плотностью



5, 19, кристаллическая решетка соответствует решетке алмаза, в узлах которой находятся молекулы  $Sb_4O_6$ . Расстояния между их центрами тяжести — 0,483 нм, а расстояния O–Sb — 0,222 нм. Каждая молекула представляет собой кислородный октаэдр, в который вставлен тетраэдр из атомов сурьмы. Выше 572 °C устойчива  $\beta$ -модификация (минерал валентинит), имеющая ромбическую решетку и плотность 5,7.

Реальгар  $As_4S_4$ . Оранжево-красные кристаллы с моноклинной (два угла между осями — прямые, третий — нет, периоды вдоль всех осей разные). Другая решетка у парареальгара, минерала желтого цвета с тем же составом.

Арсенолит, оксид мышьяка(III): кристаллическая решетка, как у  $\alpha$ - $Sb_2O_3$  (сенармонтита), между центрами тяжести молекул  $As_4O_6$  0,478 нм, расстояние между атомами O–As 0,201 нм. Другая кристаллическая решетка — у клаудетита, диморфного оксида мышьяка(III), имеющего слоистую структуру.

Каломель  $Hg_2Cl_2$ , «роговая ртутная руда», тяжелый (плотность 7,15) минерал с тетрагональной решеткой, при нагревании выше 384 °C возгоняется (в запаянной трубке плавится при 525 °C, превращаясь в красно-коричневую жидкость). В кристаллической решетке линейные молекулы вытянуты в параллельные друг другу линейные цепочки. В каждой цепочке расстояние Hg–Hg — 0,254 нм, Hg–Cl — 0,251 нм, Cl–Cl — 0,332 нм, то есть молекулы явно отделены друг от друга. В отличие от сулемы ( $HgCl_2$ ) и других растворимых солей ртути, которые в виде минералов неизвестны, каломель не ядовита, поскольку не растворяется в воде (а также в спирте, эфире или ацетоне).

И все же органические минералы кристаллического строения в природе встречаются, хотя и редко (а некоторые — очень редко). Это мочевины (карбамид, амид угольной кислоты  $CO(NH_2)_2$ ) и ацетамид (амид уксусной кислоты  $CH_3CONH_2$ ), флагстаффит (терпингидрат, кристаллогидрат *цис*-терпина  $C_{10}H_{22}O_3$  — лекарственное средство), кладноит (имид фталевой кислоты  $C_6H_4(CO)_2NH$ ), гуанин (2-амино-6-гидроксипуридин  $C_5H_5N_5O$ ), урицит (2,6,8-



тригидроксипуридин  $C_5H_4N_4O_3$ ), гёлит (антрахинон  $C_{14}H_8O_2$ ). А также ряд природных кристаллических углеводов: раватит (фенантрен  $C_{14}H_{10}$ ), фихтелит (диметилизопропилпергидрофенантрен  $C_{19}H_{34}$ ), хартит (дитерпеновый углеводород  $C_{20}H_{34}$ ), динит ( $C_{20}H_{36}$ ), идриалит (диметилбензфенантрен  $C_{22}H_{14}$ ), кратохвилит (флуорен, о,о'-дифениленметан  $C_{13}H_{10}$ ), карпатит (коронен  $C_{24}H_{12}$ ), эвенкит (тетракозан *n*- $C_{24}H_{50}$ ), симонеллит (1,1-диметил-7-изопропил-1,2,3,4-тетрагидрофенантрен  $C_{19}H_{24}$ ), филлоретин (ретен, 7-изопропил-1-метилфенантрен  $C_{18}H_{18}$ ).

Все эти минералы отличаются низкими значениями плотности (1,0—1,13) и твердости (не выше 1S по Моосу). Все природные молекулярные кристаллы образуются при низких температурах (не выше 200—250 °C) и сравнительно низких давлениях, в низкотемпературных гидротермальных и поверхностных условиях, низкотемпературных фумаролах и их аналогах при угольных пожарах (пример последних — кладноит и гёлит). Особняком стоит очень интересный минерал красного цвета абелсонит (абелсонит), найденный в штате Юта. С химической точки зрения это порфириновое производное никеля  $NiC_{32}H_{36}N_4$ . Его плотность достигает 1,48.

Иногда ошибочно относят к молекулярным кристаллам минерал меллит, который встречается в ископаемых углях. Его название происходит от греч.

*Кристаллы меллита, до 13 мм. Дорог, Венгрия*

«мелисса» — мед: минерал имеет медово-желтый цвет, недаром его называют также медовым камнем. Меллит — это алюминиевая соль меллитовой (бензолгексакарбонной) кислоты, меллат алюминия, кристаллогидрат состава  $Al_2[C_6(COO)_6]_{18} \cdot H_2O$ . Связь между катионом Al и меллатным анионом типично ионная. Похожие кристаллические структуры имеют и другие минералы, представляющие собой соли органических кислот, например узвеллит и узделлит — оксалаты кальция  $CaC_2O_4 \cdot H_2O$  и  $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$ , оксаммит — оксалат аммония  $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ .

Автор выражает благодарность доктору геолого-минералогических наук сотруднику кафедры минералогии МГУ Игорю Владимировичу Пекову за консультации (кстати, в его честь был назван минерал пековит — боросиликат стронция  $SrB_2Si_2O_8$ ).



# СОРБОМЕТР™

## АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

### Характеристики

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

### Прибор СОРБОМЕТР обеспечивает

- Измерение удельной поверхности однотоочечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



### Прибор СОРБОМЕТР-М обеспечивает

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

### Области применения

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

# Фисташки



**Что такое фисташка?** Фисташка относится к семейству сумачовых. Это кустарники или невысокие деревья, растущие в субтропических областях, иногда в тропиках, но всегда в гористой местности, в достаточно суровых условиях. Поэтому фисташки невероятно устойчивы к жаре и засухе и в то же время выдерживают суровые морозы. Наиболее известны три вида. В странах Средиземноморья и на Канарских островах произрастает фисташка мастичная, или мастиковое дерево — *Pistacia lentiscus*. Его кора выделяет смолу, растворенную в эфирном масле (мастику), которую используют как ранозаживляющее и противовоспалительное средство. В Греции разводят терпентинное дерево, *P. terebinthus*. Из его плодов получают масло, любимое восточными кондитерами. Но самый распространенный и всемирно известный вид, который выращивают во всех пригодных для этой цели районах мира, — фисташка настоящая, она же фисташковое дерево, *P. vera*.

Плод фисташки настоящей традиционно причисляют к орехам, но это не так. Он называется костянка, то есть твердая косточка в сочной оболочке (красного цвета), а в середине косточки — вкусное ядрышко. Косточку, очищенную от этой оболочки, и называют орехом.

Фисташка — одна из древнейших культур, упомянутая даже в Библии: «Израиль, отец их, сказал им: если так, то вот что сделайте: возьмите с собою плодов земли сей и отнесите в дар тому человеку несколько бальзама и несколько меду, стираксы и ладану, фисташков и миндальных орехов» (Бытие, 43, 11).

**Почему фисташки продают полуоткрытыми?** Мы привыкли, что орехи продают или в скорлупе, или очищенными, а фисташки обычно полуоткрыты. Дело в том, что при созревании плода его мякоть высыхает, а косточка растрескивается на две половины, открывая ядрышко. Так что, с одной стороны, нет смысла полностью очищать ядрышко от расколотой скорлупы, а с другой, раскрытая «по шву» косточка — гарантия спелости и качества товара.

Некоторые сорта фисташек не раскрываются, и их раскалывают механически. Так же поступают и с недозревшими орехами. По вкусу они мало отличаются от спелых, но несколько мельче. Впрочем, кондицию фисташек можно определить по цвету. Кожура зрелого ядрышка приобретает характерный зеленый (фисташковый) цвет, а у перезревшего краснеет.

**Зачем фисташки солят?** Специально спрашивала об этом продавцов на рынке. Ответают, что иначе невкусно. Сами по себе ядрышки фисташки сладковатые; когда их используют в кондитерской промышленности, то не солят, и очищенные орешки продают несолеными. А полуоткрытые мы грызем как семечки, и приятнее, конечно, обсасывать солененькую скорлупу, чем пресную.

И не думайте, будто фисташки солят, чтобы превратить их в закуску к пиву, а про пиво вообще забудьте. Люди понимающие подают фисташки с шампанским и десертными винами, причем орешки предварительно обжаривают и поливают лимонным соком.

**Чем полезны фисташки?** Плоды фисташки содержат 15—17% углеводов, около 20—22% белков и до 60% жиров, состоящих в основном из ненасыщенных кислот. А холестерин в них нет. Ядра орехов — кладезь витаминов. Витамины В<sub>1</sub> и В<sub>5</sub> (пантотеновая кислота) играют важную роль в метаболизме углеводов и жиров, рибофлавин благотворно влияет на нервную систему, биотин улучшает состояние волос и кожи и помогает поддерживать здоровую микрофлору кишечника. Никотиновая кислота снижает уровень холестерина и жира в организме и расширяет кровеносные сосуды, а также участвует в синтезе серотонина, без которого невозможны глубокий сон и бодрое настроение. Витамин А

благотворно влияет на зрение, а витамин Е — известный природный антиоксидант. Кроме того, фисташки — это единственный орех, содержащий компоненты антиоксидантной защиты сетчатки лютеин и зеаксантин. Эти вещества улучшают зрение и уменьшают риск старческой слепоты.





Фисташки нашпигованы полезными микроэлементами: медью, марганцем, фосфором, калием и магнием. Кроме того, в орехах много железа, цинка и особенно кальция. (Фисташковые деревья растут на богатых кальцием почвах и концентрируют этот элемент.)

Так кому же показаны фисташки? Из-за питательности и полезности их рекомендуют для восстановления истощенного организма, для поддержания сил при высоких умственных и физических нагрузках. Фисташки великолепно регулируют уровень холестерина в крови, улучшают работу сердечно-сосудистой системы, печени и желудка, снимают печеночные и желудочные колики, излечивают малокровие (железа много), очищают кожу и укрепляют волосы, в качестве сосудорасширяющего средства помогают при мигренях. И вообще, они бодрят и улучшают общее самочувствие.

Кажется, что фисташки содержат все полезные вещества на свете, а их усердные потребители всегда будут молоды и здоровы. Это не так, конечно, хотя продукт полезный и противопоказания к его поеданию пока не найдены. Однако следует помнить, что соленые орешки задерживают в организме воду, чем способствуют повышению артериального давления. Кроме того, налегающим на фисташки нужно снизить жирность остальных блюд, уж очень эти орехи маслянистые.

**Как используют фисташковое масло?** Если плод содержит 60% масла, можно не сомневаться, что его отожмут. Фисташковое масло густое, зеленое с желтоватым отливом и очень ароматное. В кулинарии его и используют как ароматизатор. Для жарки такое масло не подходит, потому что разрушается при высокой температуре, а чтобы придать приятный запах любому блюду: мясу, птице, салату или выпечке, достаточно нескольких капель.

Фисташковое масло, полученное методом холодного прессования, сохраняет все полезные вещества ореха и, следовательно, его целебные свойства, кстати, прекрасное известное еще в незапамятные времена. Оно полезно при плохой работе печени, при печеночных и желудочных колитах служит болеутоляющим, помогает при анемии. Ежедневный прием полчайной ложки масла на кусочке черного хлеба снижает предрасположенность к сердечным заболеваниям, замечательно тонизирует и улучшает настроение. Больше принимать не нужно, если вы не хотите добиться слабительного эффекта: на Востоке фисташковое масло веками используют для выведения шлаков из организма и принимают при малейших проблемах с пищеварением. Регулярно выводя шлаки, можно и вес сбросить. (Любопытно, что настой или отвар фисташковых листьев, богатых дубильными веществами и флавоноидами, используют как вяжущее средство при кишечных расстройствах.)

Фисташки содержат танины, благодаря которым масло заживляет раны и снимает воспаление. А поскольку оно еще и питательно, хорошо впитывается в кожу и не оставляет жирного следа, его добавляют в питательные маски и кремы. Кроме того, фисташковое масло применяют как средство для выведения веснушек и пигментных пятен.

**С какими продуктами сочетаются фисташки?** Фисташки сохраняют свою полезность при любом способе кулинарной обработки. Жиренькая, богатая белками фисташка — традиционный компонент кондитерских изделий: тортов, кремов, мороженого, сладких творожных блюд. Их также добавляют в овощные и фруктовые салаты, подают к мясу и птице, макаронам и рису, даже в супы кладут. Рецепты встречаются самые удивительные, например яблочно-творожное мороженое с фисташками или горячее молоко с шафраном и фисташками. На Кавказе маринованные и сушеные орешки используют в качестве приправы к мясным и рыбным блюдам.

Рискнем предложить нашим читателям простенький салатик. Для него потребуется 240 г фисташек, в два раза больше помидоров, 100 г репчатого лука, а также соль и красный молотый перец. Помидоры очищают от кожицы, удаляют семена, мелко нарезают, смешивают с нашинкованным луком и толчеными фисташками, солят и перчат по вкусу. Смесь должна постоять 10 минут, и можно есть.

Но что мы все о еде да о еде! Поговорим лучше о чем-нибудь возвышенном, например о прогулках в фисташковых рощах.

**Можно ли укрыться в тени фисташкового дерева?** Там, где растет фисташка, летом очень жарко и сухо, но дерево справляется благодаря могучим разветвленным корням, которые уходят на 10—12 м в глубину и на 20—25 м в стороны. Из-за этого у соседних деревьев смыкаются корневые системы, а не кроны, и они не образуют тенистых лесов.

Чтобы выдерживать летнее пекло на раскаленной почве, фисташковое дерево в это время года не растет и не испаряет воду. Но охлаждать древесину и листву все-таки нужно, поэтому фисташка выделяет летучие смолы. Их концентрация так высока, что испарения вспыхивают от поднесенной горячей спички. От одуряющего запаха эфирных масел кружится голова, поэтому укрыться от летнего солнышка под сенью ветвей не удастся, а романтические прогулки меж редких фисташковых деревьев возможны только при лунном свете... Нет, романтики тоже не получатся. Там же будет толпа сборщиков фисташек, которые работают исключительно по ночам.



ЧТО МЫ ЕДИМ

Н. Ручкина

Художник Е. Станикова



# Эффект международности



Ринат Газизов

ФАНТАСТИКА

Если б мы знали, что всего через пару часов будем сидеть на полу в эстонском посольстве, то улепетывали бы со всех ног из восточной части города. Имея представление о количестве тротила, которое используют радикальные антиглобалисты, мы бы бежали во всю нашу интернациональную прыть.

И уж тем более вряд ли я тогда стал бы рассуждать о том, что такое чудо.

Но сейчас мы просто гуляли.

Коренастый казах Баха, двадцати пяти лет от роду, человек знойных степей, третий раз за время нашего знакомства тронул меня за плечо, привлекая внимание. Он плавно поворачивал в разные стороны кисть правой руки. Ладонь обращена влево, а кончики пальцев направлены от себя, запястье согнуто. Прodelывая этот пасс, он спокойными карими глазами глядел на Альберта. Три раза Баха (или, если по-взрослому, Бахыт) крутил так кистью.

«Танцующий с аутистами», — говорил он мне.

Такое длинное прозвище я получил от него, когда помог Альберту. Эстонец с телосложением античного героя сказал тогда, что без него нам с Бахой никак не протянуть. То же самое можно было вернуть и в его адрес.

В детстве Альберт прочел рассказ Рэя Брэдбери «Бетономешалка». В нем описывается, как марсиане прилетели на Землю в великом стремлении покорить голубую планету, но, высадившись в центре большого города, не ощутили недовольства землян, их не атаковали. Напротив, встретили банкетом и улюлюканьем. Пошлость и деловитость людей погубили пришельцев: священные землянами как абсорбирующим веществом, марсиане перемололись все до единого, словно в огромной бетономешалке.

Так вот, Альберт говорил, что нам необходимо держаться вместе, потому что мы даже не марсиане. Мы вообще другие.

Может, поэтому мы до сих пор вместе. Баха. Альберт. И я — Танцующий с аутистами.

Гуляющая по многолюдным улицам наша компания всегда привлекала внимание. Но, в отличие от несчастных марсиан американского фантаста, мы вместе были тем материалом, которому не грозит дробление в пошлом агрегате большого города. Наверно, это от того, что наша троица всегда себе на уме.

Смуглый Баха шел слева от меня, и его пальцы тербели горячий воздух.

«Вчера фокусник учил Баху растягивать карты лентой, — плясали пальцы казаха. — Чтобы красная масть стелилась сверху, а черная снизу».

Баха подрабатывал чернорабочим в цирке. Подай-принеси. Под разноцветным шатром он таскал инвентарь: обернутые фольгой булавы, обручи с шипами наружу, прочие орудия цирковой магии, а также контейнеры с мясом для тигров. Как и на любого рабочего, на него мало кто обращал внимание, пока однажды, коротая свободное время, Баха не стал перебирать монетки фалангами пальцев.

Пятаки плыли по волнам костяшек один за другим справа налево, потом перебрасывались большим пальцем на мизинец и начинали свой путь заново. При этом неопрятный, стриженный ежиком Баха жевал хлеб с салом, щуря от удовольствия раскосые глаза. Проходивший мимо бородатый фокусник из Пакистана заметил дурачество Бахи и попросил монетки. Пожав плечами, тот отдал пятаки и воззрился на человека в белых одеждах.

— А так можешь? — поинтересовался фокусник, держа руку вытянутой, как для рукопожатия, ладонью налево, и пуская волну фаланг снизу вверх.

Монетки споро восходили к большому пальцу, откуда подавались на мизинец.

«Могу», — кивнул Баха, потом чавкнул, доедая бутерброд, и пустил медных мурашек по своей руке точно таким же образом, что и фокусник.

— Ловкач, — довольно сказал бородатый и махнул рукой в сторону гримерки...

После каждого выступления фокусник мыл руки в тазу с розовой водой, раскуривал кальян и показывал Бахе разное.

«Он делал так, что лента карт костенела и вращалась шестом в руках», — сплел пальцы Баха, и я представил, как известный фокусник в сладкой дымке раскуриваемого табака демонстрирует трюки один за другим.

«Он делал из моего уха копилку, — смеялись пальцы, — его ладони были танцплощадкой для бумажных слонов».

«Этот дядька умеет зарабатывать деньги», — улыбались пальцы Бахи...

Я представлял: коробочка гримерки, и там небритый, нечесаный работяга Баха сидит напротив вальяжного бородача и ухмыляется. Шкапулка секретов фокусника раскрыта, но Баха не собирается его благодарить.

— Чего лыбишься? — беззлобно спрашивает фокусник.

«Ты, — указывает Баха на его бороду, мочалкой стелющуюся по груди, — ты можешь получить гражданство в Республике Жестов. Я, — тут Баха дотрагивается пальцем до своего кадыка, — из Республики Жестов».

— Вас объединяет не просто ловкость рук, да? — спрашиваю у Бахыта, обходя журчащий фонтан...

Аллея, по которой мы шли, лежала между рядами коттеджей, бежевых и салатовых; отгороженная мраморными бордюрами от проезжей части, аллея, набитая людьми, будто шевелилась. Прохлада фонтанов и сделанные из кедра скамейки: сидишь себе на годичных кольцах, попираешь вековые деревья, а на лицо опадает легкая морось.

Небо пронзительно синее. Можно пойти к морю: прибор, чайки, соленый воздух.

— Вот моя магия, — говорит фокусник, имея в виду копилку, карты и слонов. — Теперь она — твоя.

«Не надо», — отвечает Баха и расправляет руки журавлем, начинает притоптывать ногой в сандалиии по крышке сундука, расписанного звездами.

Левая рука. Вращается большой палец, описывая конус. Сначала мизинец и безмянный смыкаются крабьими клешнями, потом средний и указательный. Пальцы толкают, мнут, вытягивают дым кальяна. Потрепанная сандалия отстукивает гимн Республики Жестов.

— Я не могу так, — с сожалением качает головой фокусник. — У меня нет голоса.

Баха улыбается.

Теперь правая рука. Пальцы выстраиваются частоколом, рогаткой, щепотью. «Четыре чабана и крепыш», «сайгак щиплет колючку», «сверкает росой клевер».

— Ты пел за двоих? — спрашиваю у Бахи.

«Угу», — кивает раскосый человек степей.

«Вы, — сказал фокуснику Баха, — берете в руки предмет, помещая глину воображения в форму трюка. Убери из рук жонглера булаву, убери обруч с талии Мишель. Что останется? Что?!»

Старый фокусник молчит.

— Останется песня, — догадываюсь я.

В жаркий день все скамейки заняты, и нам никак не пристроиться на древние кедры. Остается только вдыхать прохладу фонтанов, дослушивая историю Бахи. Пальцы плетут вчерашний разговор с фокусником беззвучно, но я-то знаю: слушать можно и звенящую походку местных гурий, и как шипит таблетка светила, погружаясь в море.

...А в сладком дыме гримерки беседуют фокусник и Баха.

«Убери из рук лишнее, — ткнут слова пальцы казаха, — и таможня Республики Жестов поднимет шлагбаум».

Вчера фокусник из Пакистана кривым ножом отрезал себе язык и научился петь.

Утро встречало нас уличной толчеей, горячими камнями под пятками, а чуть позже — душным пряным воздухом забегаловки «Водопады Антонио».

Мы сели в углу около багряных занавесок, скрывающих кухню и повара. Альберт сразу загрустил из-за непривычности обстановки и новизны меню. Такие, как наш эстонец, не любят перемен. И, поверьте, это не в силу консервативного характера.

— Два «Водопада» со свининой и апельсиновый сок, — говорю знойной разносчице-итальянке.

Шеф-повар Антонио, кажется, очень высокого мнения о своей пасте, раз назвал поток завернутых на тарелке спагетти «водопадом». Сок — Альберту; цитрус тонизирует его нервную систему.

Итальянка отошла от нашего стола и темпераментно ругнулась, обнаружив на полу петляющую зеленую линию от ступенек входа до ножки Альбертовой табуретки.

Нетрудно догадаться, что линия проведена мелом, прикрепленным к куску плитуса, который Альберт всегда таскает с собой. Этой маленькой прихотью зачернены все места города, где появляется наша тройца.

— Юродивых не бранят, — примиряюще поднимаю руки.

Судя по удаляющейся ругани, официантка работает еще и уборщицей.

Баха тарабанит по столу; пальцы отплясывают страстные латиноамериканские танцы.

«Ноги под атласными юбками порой поют лучше моих рук», — смеются пальцы Бахи. Он встает из-за стола и направляется к итальянке, идущей с подносом.

Воздух «Водопадов» раскаляется, когда казах отплясывает около разносчицы, минуя столы и потные спины посетителей. Под аплодисменты (еще одна дань Республике Бахи) женщина всплескивает гривой волос и вступает в беседу на равных. Она мгновенно переходит от ругани и злости к языку тела.

И тогда я говорю Альберту, что Танцы — это крохотная административная единица Республики Жестов. Звучит заумно, но эстонец понимает только такой язык.

Глядя на Баху и официантку, я догадываюсь, что здесь и сейчас мы будем есть бесплатно.

Первый раз Баха покрутил особым образом кисть, называя меня Танцующим с аутистами, пять лет назад.

Тогда мы были в Музее истории, а если точнее, в галерее Египта. Разглядывали окостеневших скарабеев, саркофаги и мумий. Щурясь, Баха всматривался в испещренные иероглифами пергаменты. Я втягивал непонятный запах вещичек из прошлого, беревший ноздри даже сквозь стекло. Запах вызывал ощущение древности, а также мысли о страдающей метеоризмом мумии фараона.

Иногда я прислушивался к экскурсоводу.

— Это, — указывал он, — плита, выбитая из каменной кладки внутренних помещений пирамиды. Ученым до сих пор не ясен шифр послания на плите. Иероглифы нанесены в беспорядке, и в итоге мы имеем некую бессмыслицу.

— Может, по диагонали прочесть? — спросил какой-то кучерявый мужик славянской внешности.

В толпе туристов кто-то хмыкнул. Кучерявый смутился.

— Эх, — притворно вздохнул экскурсовод, — если бы все было так просто! Именитые египтологи считают, что этот кусок не иначе как подделка. Возможно, поэтому такая находка сомнительной ценности пылится именно в нашем обедневшем музее.

Тут послышался громкий, несовместимый с привычной тишиной музея звук.

Большой, объемистый горшок с полуметровой пальмой разбил стекло возле того места, где хранилась плита. Туристы ахнули, подались назад. Баха, ощутив вибрацию воздуха, оглянулся.

Сквозь разбитое стекло шагнул светловолосый гигант с голубыми, почти прозрачными глазами. Что-то бурча себе под нос, он склонился над предметом споров египтологов.

— Вы... вы что себе позволяете?! — обрел дар речи экскурсовод. — Я охрану зову!.. — И поспешил к выходу из галереи.

В глазах остальных плескался коктейль изумления и интереса. Мы с Бахой подошли ближе: наблюдали за длинными волосатыми пальцами гиганта, водившими по иероглифам.



мени, чтобы понять, что пишут на Земле наши шаги. Человечество, не осознавая этого, строчит летопись. Как кардиограф, оно чертит линии с пиками о самом себе.

Возможно, поэтому Альберт так часто гуляет с нами по шумным улицам и стачиваются его многочисленные мелки.

— Когда ты прочтешь то, что вышагивают твои ноги, — говорю я, — ты перестанешь ходить и научишься летать. Ты ведь на это рассчитываешь?

И только после этих слов Альберт, высоченный прибалт с синдромом Аспергера, или, проще говоря, аутист, начинает смеяться.

Утерев губы после «Водопадов» и попрощавшись со знойной официанткой, мы пошли дальше.

Тени южного города тянулись резиной: солнце перевалило через зенит. Наша троица перемещалась вдоль набережной, оставляя позади следы синего мела на гальке и воздух, помятый пальцами Бахи.

Если бы мы знали, что всего через пару часов будем сидеть на полу эстонского посольства, куда Альберт, вопреки своему Распорядку, захочет зайти, мы бы улпетывали со всех ног из восточной части города. Имея представление о количестве тротила, которое используют радикальные антиглобалисты, мы бежали бы во всю нашу интернациональную прыть.

Поход в посольство был связан с грядущим приездом родственников светловолосого гиганта. Как это часто бывает, что родственники невзначай ставят под угрозу наши жизни!

В вестибюле посольства Баха и я присели на кожаные диваны, дивясь, как тут диковинно контрастирует импортная мебель с азиатскими подстилками, цветастыми коврами и плетеными креслами прочих заведений.

Минуту спустя после того, как Альберт, ссутулившись, прошел в один из кабинетов, мы услышали автоматные очереди.

Охрана, которая почему-то пропустила внутрь нас с Бахой, не имеющих никакого отношения к Эстонии, пререкалась на языке оружия с кем-то снаружи. Протяжно завыв, полная женщина, секретарь, сидевшая за столом, процокала по коридору и далее по крутой лестнице наверх. Из кабинетов выбежали люди в деловых костюмах, испуганно тараторившие мягкие эстонские словечки.

Когда в стенах стали появляться дырки, зазвенели стекла на втором этаже, мы с Бахой догадались юркнуть по коридору в одну из комнат. Но для нас, как и для всех остальных в здании, это ничего не меняло.

Хлопнули тяжелые двери, и в посольство, словно вылезая из криминальной телепередачи, ворвались люди в камуфляжной форме. Видимо, эстонская охрана проиграла огневой диспут и теперь украшала лужайку своими окровавленными телами.

У нас с Бахой не было времени раздумывать над целью захвата и тем более мечтать о побеге, ибо сначала в дверях возникло дуло, а потом и боевик собственной анархической персоной. Мы ни черта не поняли, что он прохрипел под своей маской, но взмах автомата подсказывал: надо выходить из кабинета. Причем резво.

Людей быстренько собрали в коридоре, прислонили к стенам. Захватчики бегали туда-сюда. Напротив нас, сидя на полу, часто моргал Альберт.

Молчание заложников и суета боевиков продолжались около получаса.

Наша троица очень хотела, чтобы снаружи готовилось к штурму много-много добрых и сильных вояк. Остальным просто хотелось жить.

В вестибюле на секретарский стол забрался мужик в мешковатой куртке и с белым платком, скрывающим нижнюю половину лица. Расстегнув куртку, он ощупал пояс, начиненный тротилом.

«Камикадзе!» — прочертили пальцы Бахи затертое японское словечко.

Три боевика поднялись по лестнице наверх; трое, включая камикадзе, остались с нами. На втором этаже раздались выстрелы, и я вспомнил о воющей женщине. Гражданские в коридоре впали в истерику; чтобы заткнуть их, захватчикам пришлось лепить им на рты липкие ленты.

Когда и меня запечатали, я впервые за последние полчаса ощутил бодрость духа. Моя самая дурная привычка — постоянно трогать нос и губы. А касаться носа — это, если верить психологам, признак скрытности. Прикасаясь ко рту, я обычно проверяю, закрыт ли он.

Все дело в отсутствии рамок.

Зачастую думая о чем-то, я веду внутреннюю беседу и ловлю себя на шизофреническом симптоме: не произношу ли я свои мысли вслух? По мне, самое страшное — показывать чертей из табакерки своей головы окружающим.

Черная блестящая липкая лента на губах вселяла уверенность. Я молчу.

Если выпутаемся, впредь буду знать, как ощущать самую призрачную грань из всех возможных. А о шизофрении можно не беспокоиться: голосов, кроме музыкальных пальцев Бахи и редких наукоемких речей Альберта, я не слышу.

От неуместных для обычного человека мыслей меня отвлек расстрел заложника перед видеокамерой.

Наш оживший кошмар.

Светлую голову Рацио забрызгало, и Альберт отметил, что маршрут заложника закончился кровавой кляксой. Судорожно дернулись пальцы Бахи; так ничего и не сказав, они задрожали где-то между звуком и словом.

Боевик что-то крикнул в камеру, скорее всего, провозгласил ультиматум. Глядя на камикадзе, достающего из кармана пульт детонации, стало ясно, что живым отсюда никто не уйдет. Когда автомат нацелили на следующего заложника — между мной и им было еще два человека, — Альберт зажал пальцами нос и тут же разжал — из-за ленты на рту. Желудки сходящих с ума от страха людей стремительно расслаблялись.

Поскольку наша троица была «даже не марсианами», Баха лишь встряхнул пальцами, а Альберт безразлично осмотрел испачканную желтым рубашку. Наверно, кто-то любезный наверху так распорядился, что при рождении распределил моих друзей к народам Республики Жестов и Светлых голов Рацио. Распределил, отобрав взамен чувство страха и многое другое.

Когда стрелявший отвернулся от нас, Альберт, к моему изумлению, беззвучно поднялся с пола и вогнал сточившийся на треть синий мелок в глаз боевика. Рефлекторно тот нажал курок, выпуская очереди в стену над нашими головами. Террорист, снимавший казнь на видео, выронил камеру, взялся за автомат и попытался расправиться с Альбертом.

Светлый гигант взял трепыхавшегося боевика одной рукой за шкуру, другой за пояс, поднял и загородился от пуль. Легко неся перед собой умершее тело, он бе-

жал ко второму захватчику. Между ними оставалась пара шагов, когда Альберта оттолкнул от себя труп, впечатав им террориста. Потом мы услышали сухой треск кадыка: горло второго боевика раздавила огромная ножища.

Удивляться не было времени. Только что нас захватили, пытались убить, и вот уже тихоня Светлая голова лишает жизни двоих.

Вставая с пола, вижу Баху напротив камикадзе — рука в перчатке сжимает детонатор. Между ними стол; рядом на ковре два трупа и Альберт. Его желтую рубашку уже никогда не отстирать. Весь вестибюль в дырках от пуль. Потерявшие сознание заложники устилают коридор. Не знаю, кого благодарить за то, что те трое не спустились со второго этажа: может быть, они приняли попытки боевиков спастись за расстрел заложников.

У нашей троицы ленты на ртах. На полу мигает красная лампочка камеры.

Камикадзе поднимает руку с детонатором перед собой и что-то говорит на неизвестном языке. В здании становится очень тихо — или это у меня от пальбы в ушах заложило?

Если бы мой рот не был заклеен, я бы спросил Альберта, наплевав на уникальную ситуацию за секунды перед последней вспышкой: ты герой? ты храбрец?

Наверно, тогда он ответил бы: нет, нет. Он всегда так отвечает.

Глядя на то, как стоит Светлая голова Рацио и как лежат подле него боевики, я будто слышу эти слова. Ответ на все поступки, которые Альберт совершает в своей странной жизни: «Вот так правильно?»

Но я молчу. Зато говорит Баха.

Пальцы-танцоры, пальцы-перья, пальцы-струны, они пляшут, пишут, играют слова перед камикадзе. Вся Республика Жестов пробует уместиться между двумя людьми, пока еще не вдавилась кнопка детонатора. Я не могу понять, что Баха говорит боевику. Сейчас казах разговаривает только с камикадзе.

Наблюдая за ними, Альберт медленно осознает, какой язык созвучен языку наших шагов.

«Чудо, — делился мыслями Баха, — не имеет никакого отношения к левитации, превращениям, порче и чтению мыслей. Чудо — это когда ребенок пускает мыльные пузыри в метро, и люди, в чьих умах суетное, смотрят на радужные прозрачные шары, забывая обо всем».

Альберт уходит по коридору за своим плинтусом.

«Чудо — это взгляды зрителей, которые удерживают блестящие под куполом цирка булавы; это секунды ошеломления после ухода фокусника за кулисы».

Именно такие мысли приходят мне в голову, когда я вижу камикадзе, часто щелкающего кнопкой детонатора.

Последней вспышки — нет.

Баха огибает стол, подходит к боевику и вытаскивает из его руки пульт.

«Попробуй без него», — говорят пальцы человека степей.

Камикадзе щелкает пустоту. С каждым щелчком его глаза все больше светлеют и успокаиваются.

Кажется, Баха научил петь еще одного человека.

Чудо (я снова возвращаюсь к давним мыслям) — это когда в твоей голове рождается Вселенная. Независимо от того, что происходит снаружи: захват террористами эстонского посольства или журчание фонтанов в шумных аллеях.



## ФАНТАСТИКА

А еще чудо — это когда вниз по лестнице бегут остальные боевики, когда наша троица стоит в вестибюле, ожидая расправы, и за миг до смерти двери ломает подоспевший спецназ.

Баха, Альберт и я падаем ниц. Вокруг становится невыносимо громко, громко даже для человека степей.

Потом мы все выбежим наружу, люди будут рыдать, лежать на земле под вечерним небом, а заботливые спасатели укутают нас шерстяными одеялами и кого-то увезут в каретах «скорой помощи».

Корреспонденты безошибочно определяют тех из заложников, кто еще способен говорить.

— Что было?! Скажите, что произошло?

Кто-то орудует передо мной микрофоном; глаза слепят вспышки.

— Мои друзья, — говорю я, — обезвредили троих террористов. Были убиты два заложника, казнь снималась на камеру.

— Какие друзья? — любопытствует журналист, прикидывая, как будет расписывать в газете героизм гражданских лиц. — Где они? Кто они?

— Альберт и Бахыт... — произношу я имена и пытаюсь высмотреть друзей в толпе, заполонившей площадь.

Я очень долго ищу их — парня из Республики Жестов и Светлую голову Рацио. Оглядываюсь вокруг, а меня все снимают, что-то спрашивают дотошно.

С плеч сползает шерстяное одеяло, и я вижу в своей левой руке кусок плинтуса. Мою правую руку сводит судорогой; она дрожит где-то между звуком и словом.

В голове — миллион мыслей. О нашей троице, о сегодняшней прогулке, о выстрелах, о руке без пульта детонации, о шизофренических симптомах.

Мурашки по коже. Я прикасаюсь рукой ко рту и не могу понять — закрыт он или нет.

— Где ваши друзья? — талдычит свое журналист. — Как они выглядят?

Вопросы, вопросы, вопросы.

Я беру черную ленту, прилиплю к воротнику желтой рубашки, и заклеиваю себе рот.

Пусть моя вселенная останется в моей черепной коробке.





Художник С. Дергачев

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Ужас по наследству

Рассказы о генетической памяти, когда человек будто бы вспоминает событие, случившееся с его далеким предком, ученые относят к разряду лженауки. В самом деле, одна из главных догм генетики гласит, что фенотип не может влиять на генотип, то есть приобретенные признаки не подлежат наследованию. Однако недавно исследователи из Цюрихского университета под руководством доктора Изабеллы Мансэй вместе с коллегами из США и Франции («Biological Psychiatry», 2010, т. 68, № 5, с. 408), пришли к удивительному выводу: в некоторых случаях приобретенный опыт способен передаваться по наследству.

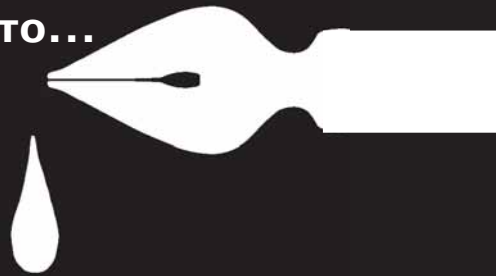
В своих опытах Мансэй с коллегами пугали самцов мышей и потом наблюдали за поведением как самих животных, так и потомства. Выяснилось, что мышатам передалась память предка: когда они впервые попадали в обстановку, в которой отцы пережили нечто ужасное, то явно начинали беспокоиться, о чем экспериментаторы узнавали, наблюдая за движениями животных.

По мнению исследователей, причиной может быть эпигенетическое наследование — передача по наследству обратимых модификаций ДНК, не изменяющих нуклеотидную последовательность. Оказалось, что у нескольких генов в сперматоцоидах мышшей-отцов стресс изменил рисунок метилирования. (Напомним: метилирование — присоединение метильной группы к цитозину в различных участках ДНК — влияет на активность генов.) Более того, те же изменения проявились и в клетках мозга мышат, и в их сперматозоидах. А значит, должны были передаться и внукам.

Вообще-то психологи давно заметили, что люди, испытавшие посттравматическое стрессовое состояние (скажем, узники концлагерей), могут передавать симптомы этого состояния своим детям. У них тоже появляются повторяющиеся ночные кошмары, повышенная тревожность, неосознанное стремление избегать ситуаций, ассоциирующихся с пережитым ужасом (например, страх высоты, если у родителя стрессовая ситуация была связана с высотой). До сих пор считалось очевидным, что страхи «передаются по наследству» из-за рассказов старших, а вовсе не биологическим путем. Из исследования Мансэй видно, что не все так просто.

С.Анофелес

## Пишут, что...



...планета Глизе 581g, она же Зармина, из системы красного карлика в созвездии Весов, предположительно обитаемая, возможно, на самом деле не существует («Science», 2010, т.330, № 6003, с.433)...

...минимальные концентрации CO, оксидов азота, ароматических углеводородов, формальдегида, сернистого газа и сероводорода наблюдаются в воздухе Москвы по воскресеньям, максимальные — по вторникам, средам и четвергам («Оптика атмосферы и океана», 2010, № 9, с.784—792)...

...в среднем около 20% общей эмиссии метана в атмосферу происходит за счет метаногенеза в пищеварительном тракте жвачных («Сельскохозяйственная биология», 2010, № 4, с.124—126)...

...завершена пилотная фаза проекта по секвенированию 1000 индивидуальных геномов человека («Nature», 2010, т. 467, № 7319, с. 1061—1073)...

...особый вариант Y-хромосомы, приписываемый потомкам Чингисхана, найден у алтайцев, алтайских казахов, бурят, калмыков, ногайцев и тувинцев («Генетика», 2010, т.46, № 9, с.1276—1277)...

...основатель компании «Майкрософт» Билл Гейтс предложил проект помощи развивающимся странам, который должен снизить детскую смертность на планете в ближайшие 15 лет до 5 миллионов в год, то есть почти вдвое («New Scientist», 2010, № 2783, с. 6—7)...

...пища, богатая нитратами, уменьшает проявления метаболического синдрома, в частности снижает давление и уменьшает образование висцерального жира («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2010, т. 107, № 41, с. 17716—17720)...

...стволовые клетки из амниотической жидкости могут быть полезны для лечения почечной недостаточности, сахарного диабета, болезни Альцгеймера, инфаркта миокарда, повреждений спинного мозга («Известия РАН. Серия биологическая», 2010, № 5, с.517—526)...



...разработано устройство, позволяющее парализованным людям писать, работать с Интернетом, передвигаться на кресле-каталке, всего лишь активно вдыхая воздух через специальную трубку («Scientific American», 2010, т.303, № 4, с.15)...

...Министерство сельского хозяйства США разрешит выращивать генно-модифицированную сахарную свеклу («Nature Biotechnology», 2010, т.28, № 10, с.992)...

...описан новый, ранее не изученный вид приматов — бирманская курноса обезьяна; таких обезьян всего около 300, они черного цвета и во время дождя непрерывно чихают, потому что нос у них вздернутый и в него попадает вода («American Journal of Primatology», 2010, октябрь, doi: 10.1002/ajp.20894)...

...образование нового вида у птиц может начинаться с изменения фотопериодических реакций, например смещения сроков линьки или миграции («Успехи современной биологии», 2010, т.130, № 4, с.346—359)...

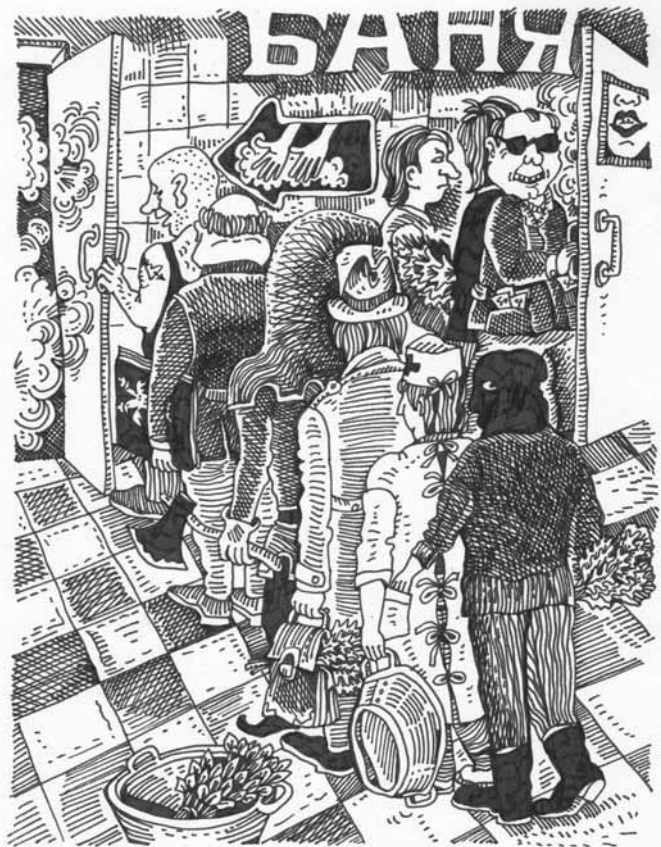
...разработана и реализована принципиальная электронная схема базового элемента нейродинамической системы памяти («Радиотехника и электроника», 2010, т.55, № 7, с.812—817)...

...исследовать распространение слухов нужно не на уровне индивидов, а на уровне небольших групп, учитывая, что преимущественно распространяются те слухи, которые вызывают у собеседников сходные реакции и формируют чувство сплоченности («Психологический журнал», 2010, т.31, № 5, с.30—38)...

...одним из первых и самых выдающихся популяризаторов химии XIX века была женщина — англичанка Джейн Марсе («Вопросы истории естествознания и техники», 2010, № 3, с.41—63)...

...согласно закономерности, выведенной А.Н.Колмогоровым, в Академии наук 30% должны составлять ученые, которых нельзя было не избрать, 40% — те, кого можно было не избрать, и 30% — те, кого нельзя было избирать («Вестник РАН», 2010, т.80, № 9, с.835—842)...

Художник Н. Колпакова



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Ложь и мыло

В английском языке есть выражение, которое можно перевести как «вымой-ка рот с мылом». Так говорят англоязычные мамы, услышав от своего отпрыска бранное слово (и век назад, если верить художественной литературе, это не было метафорой). То ли подобная фраза вдохновила психологов Спайка Ли и Норберта Шварца из Мичиганского университета, то ли что другое, но им удалось показать («Psychological Science», 2010, октябрь), что человек действительно ощущает потребность помыться после того, как совершил нехороший поступок. Причем мыть он хочет именно ту часть тела, которая «виновата» больше всего.

В проведенном исследовании приняли участие 87 студентов. Каждый должен был представить себе, что на повышение в компании претендует он сам и некий Крис. Этот Крис потерял документы, с которыми он точно выиграет конкурс, а участник эксперимента их нашел. Крис всех опрашивает, не находил ли кто его документы, и участник эксперимента должен ему что-то ответить. Делать это можно по телефону или по электронной почте.

После завершения этой части работы участникам исследования давали список товаров и предлагали указать цену, за которую они были готовы приобрести тот или иной товар. И поразительно: вруны собирались дать за моющие средства больше денег, чем любители правды. Более того, у тех, кто врал по телефону, дороже оказывался ополаскиватель для рта, а у набиравших письмо на клавиатуре — мыло для рук. Так метафорическое пожелание оборачивается вполне реальными действиями.

А.Мотыляев



# Похвала цветному стеклу

*Пою перед Тобой в восторге похвалу,  
Не камням дорогим, не злату, но Стеклу.*

М.В. Ломоносов  
Письмо о пользе стекла

**З**еркальное, тонированное, оконное, витражное, хрустальное, армированное, пуленепробиваемое, светотехническое — вот далеко не полный перечень видов стекла, производимого сегодня. Мы пьем воду из стеклянных стаканов, храним продукты в стеклянных банках и бутылках, наслаждаемся хорошим вином, налитым в хрустальный бокал, спокойно ставим на огонь чайник, сделанный из термостойкого стекла — пирекса, смотрим на себя в зеркало, собираясь на работу, любимся композициями из стекла — мозаичными картинами в музеях, храмах и даже на станциях московского метро. Солнечные лучи освещают наши дома, свободно проходя сквозь оконное стекло. Зеленый глаз светофора весело подмигивает пешеходам, и машины послушно замирают около перехода. А если вдруг случится авария, стекло автомобиля — триплекс — не разлетится на осколки с острыми краями и не поранит пассажиров. В фотоаппаратах, биноклях, телескопах, микроскопах и лазерных прицелах используется особо прозрачное, просветленное оптическое стекло. Непременные атрибуты современной стройки — прочные легкие блоки из пористого стекла, стеклопакеты и стекловата, сберегающая тепло домов и труб с горячей водой. Стекланные нити в волоконных линиях связи заменяют сотни тысяч тонн дорогой меди. Прочное кварцевое стекло было вставлено в иллюминаторы подводного аппарата, исследовавшего Марианскую впадину. Оно выдержало чудовищное давление океанской воды на глубине 11 км.

Такое фантастическое разнообразие применений стекла стало достоянием человечества только в последние 150—200 лет. До середины XIX века стекло получали почти как в древности, расплавляя смесь кварцевого песка, известняка, соды и других добавок в огнеупорных тиглях:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2$ . Получавшийся силикат, застывая, превращался в неприглядную зелено-коричневую лепешку с видимыми пузырьками газа и непроплавленными частицами внутри. Чтобы улучшить внешний вид, в исходную массу добавляли оксиды железа, меди, марганца, которые окрашивали его в приятные глазу тона: красный ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), синий ( $\text{CuO}$ ), голубой ( $\text{FeO}$ ), фиолетово-пурпурный ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ). В Древнем Риме научились так подкрашивать стекло, что его было трудно отличить от драгоценных камней — изумруда, рубина, сапфира. Из остывающей стеклянной лепешки лепили, как из пластилина, сосуды для воды, чаши, маленькие флаконы. Из мелких кусочков делали ожерелья и разноцветные бусы. Никому не приходило в голову, что стекло может быть и прозрачным!

Стеклодувная трубка — гениальное изобретение древних римлян — совершила переворот в стеклоделении. Мастер через трубочку дул на комок жидкого горячего стекла, и оно начинало расширяться, как мыльный пузырь. С помощью трафарета ему придавали форму тонкостенного кубка или бокала. Стекланные изделия становились качественнее и чище.

Как показали раскопки, в Киевской Руси 900 лет назад уже существовали стеклоделательные мастерские. Были найдены огнеупорные горшки, наполненные застывшим стеклом, стеклянные бусы, кольца и браслеты. Первый русский завод по производству стеклянной столовой и аптекарской посуды был открыт в 1634 году. В царствование Елизаветы Петровны, в 50-е годы XVIII века, их было уже шесть. И сейчас поражают мастерством и тонкостью отделки дошедшие до нас рюмки, графины, ковши, забавные безделушки.

При Петре I было начато производство хрустальной посуды. Впервые хрусталь получили англичане в 1676 году, добавив в исходную смесь оксид свинца. Новое стекло было не только прозрачным и блестящим, но имело высокий показатель преломления света, «играло» на гранях. В 1756 году русский купец Аким Мальцев открыл хрустальную фабрику на Владимирской земле, на берегу реки Гусь. Звонкий, прозрачный мальцевский хрусталь, переливающийся, как ограненный алмаз, был признан

*М.А., Новосибирск: Агароза — полисахарид из L-галактозы и D-галактозы; в организме человека, увеличившего объем губ с помощью агарозного геля, агарозу сперва захватывают макрофаги, а затем расщепляет фермент галактозидаза, поэтому губы постепенно возвращаются к исходному размеру.*

*К.Н. МИХАЙЛОВСКОМУ, гор. Асбест: Автомобильные полироли содержат тонкие абразивы, чтобы удалить тонкий окислившийся слой краски и придавать машине более новый вид; ничего плохого в этом нет — зубная паста тоже содержит абразивы.*

*Н.П. КОРОВИНУ, Тамбов: Уильям Волластон назвал открытый им элемент палладием не в честь Афины Паллады, а в честь астероида, который открыл Генрих Ольбертс годом раньше, в 1802-м; кстати, по одной из версий, и Ольбертс имел в виду не богиню мудрости, а дочь бога Тритона.*

*С.С. АЛЕКСАНДРОВУ, Самара: Allium-тест — это растительная тест-система для анализа мутагенных факторов, в котором используются корешки проростков репчатого лука Allium сера; тест разработал шведский генетик Альберт Леван в 1938 году, и он применяется до сих пор.*

*Т.Е. КУДРЯВЦЕВОЙ, Санкт-Петербург: Кальмаров варят минуту, максимум две (некоторые гурманы настаивают на 30 секундах), если варить дольше, то белки мышц мантии агрегируют, и продукт приобретает упругость резины; но при очень длительной варке (до полутора часов) на медленном огне агрегаты разрушаются, и кальмар опять становится мягким.*

*И.Л., электронная почта: Вы правы, «борьба со злоупотреблением наркотиками» звучит двусмысленно — можно подумать, употребление в меру борцов не волнует.*

*АВТОРАМ И ЛЮБИТЕЛЯМ ФАНТАСТИКИ: Осенний прием на наш конкурс завершен, но вы можете попытаться счастья на конкурсе научно-фантастических миниатюр, где прием продолжается до конца декабря по тому же адресу: <http://zhurnal.lib.ru/h/hizh2010/>.*



сразу. Хороши были стаканы и бокалы «на каждый день», сделанные из хрустального стекла, более твердого, с голубоватым отливом и долгим прозрачным звоном. Оно отличается от хрустала количеством оксида свинца: в хрустальном стекле его должно быть не более 10%. Если больше, это уже хрусталь. Современный мировой стандарт для хрустала — 24%. А самый дорогой высокосвинцовый хрусталь содержит более 30% оксида свинца.

Цветным стеклом интересовался наш великий соотечественник М.В. Ломоносов. Он называл себя ученым-стекловаром. Более четырех тысяч стекол сварил он собственноручно. Работал Ломоносов упорно: «Прилагаю я возможные старания, чтобы стекла разных цветов делать и в том имею нарочитые прогрессы». Записи в его лабораторных журналах свидетельствуют, что он, изучая природу стекла, предвосхитил теорию окислительно-восстановительных и кислотно-основных соотношений в расплавах.

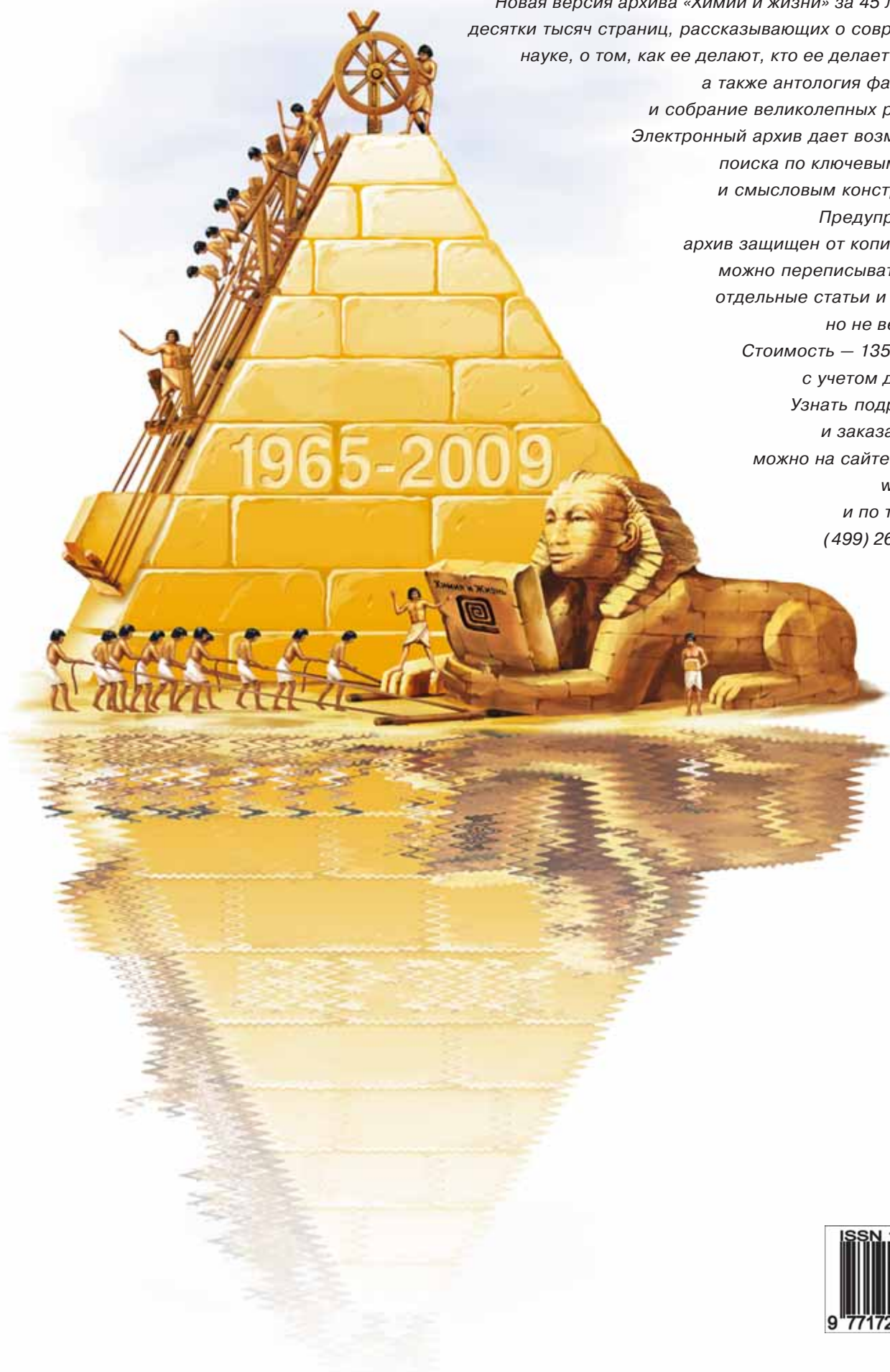
Стекло — твердое, аморфное (от греч. «аморфос» — не имеющий формы), однородное по консистенции вещество. Почему, остывая, оно не кристаллизуется, как, например, вода? Замерзая, вода превращается в лед, кристаллы которого видны практически невооруженным глазом. Со стеклом все происходит иначе. Оно застывает быстрее, чем успевают выстроиться кристаллы. Как говорят химики, «проскакивает» температуру кристаллизации. Это общее свойство переохлажденных, то есть очень густых, вязких жидкостей. Вязкость стекла необычайно высока, в десятки тысяч раз больше, чем у воды. Расплавленную стеклянную нить можно растягивать, закручивать, выгибать — порвать ее невозможно. Поэтому стекло выдувается, вытягивается в ленты и полосы, раскатывается, отливается в разнообразные формы с тончайшими деталями.

Все виды стекла прекрасно преломляют свет, что придает, в частности, цветному стеклу блеск и сияние драгоценно-

го камня. Уникальные рубиновые звезды на башнях Московского Кремля сделаны из селенового рубина — ярко-красного стекла с добавками селена. Золотой шпиль на высотном здании МГУ тоже стеклянный. Ярко-желтое зеркальное стекло, покрытое изнутри тонким слоем алюминия, в солнечный день блестит не хуже золотого, а служить будет дольше.

Как это ни удивительно, самым трудным оказалось сделать простое оконное стекло. Долгое время оно не получалось прозрачным. В окна соборов вставляли картины из кусочков цветного стекла — витражи. Хотя они и были полупрозрачными под лучами солнца, но света пропускали мало. Научившись делать прозрачное стекло, люди не знали, как вытянуть его в широкий цельный лист равномерной толщины. Усилиями ученых задачу решили только в середине XIX века. Но это уже другая история.

**М. Демина**



Новая версия архива «Химии и жизни» за 45 лет — это десятки тысяч страниц, рассказывающих о современной науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков.

Электронный архив дает возможность поиска по ключевым словам и смысловым конструкциям.

Предупреждаем: архив защищен от копирования, можно переписывать только отдельные статьи и рисунки, но не весь диск.

Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Узнать подробности и заказать архив можно на сайте журнала [www.hij.ru](http://www.hij.ru) и по телефону (499) 267-54-18.

