



К

5  
2010

ПНЗМЖ И ВММММ





ES D. MANUEL OSORIO MANRIQUE DE ZUNIGA



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

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

**Редакторы и обозреватели**  
Б.А.Альгшулер,  
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 29.4.2010

**Адрес редакции:**  
125047 Москва, Миусская пл., 9, стр. 1

**Телефон для справок:**  
8 (499) 978-87-63

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

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

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Франциско Гойи «Портрет  
дона Мануэля Озорио де Цунига»  
Хозяина приручать надо с детства,  
не пропуская ни дня. Только тогда он  
станет настоящим другом. Читайте  
об этом в статье «Зверь, приручив-  
ший человека»

*Самостоятельное чтение —  
занятие опасное...  
Без объяснений наставника  
постоянно рискуешь понять  
все так, как написано.*

*Евгений Лукин.*

## Содержание

<b>Научный комментатор</b>			
ТРЕТИЙ БРАТ. Е. Клещенко .....	2		
<b>Роснаука</b>			
МЕДИЧИ ПОДВОДНОГО МИРА .....	5		
ГОРЕНИЕ В ВОДЕ И ГОРЕНИЕ ВОДЫ .....	5		
<b>Вещи и вещества</b>			
ФТОРОПЛАСТ В НАНОФОРМЕ. В.М.Бузник .....	6		
ПОЛКУ МАТРЕШЕК ПРИБЫЛО. М.Ю.Корнилов .....	9		
<b>Год химии</b>			
КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ ДУБНЫ. С.М.Комаров .....	10		
<b>Гипотезы</b>			
ВОЗРАСТНЫЕ КАРЦИНОМЫ: ПАРАДОКСЫ РАЗВИТИЯ. П.М.Шварцбурд .....	16		
ЗЛОКАЧЕСТВЕННУЮ ОПУХОЛЬ НАДО НЕ УНИЧТОЖАТЬ, А ОГРАНИЧИВАТЬ. Н.Л.Резник .....	19		
<b>Мифы нашего времени</b>			
МИФЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ. Г.В.Эрлих .....	22		
<b>Земля и ее обитатели</b>			
ЗВЕРЬ, ПРИРУЧИВШИЙ ЧЕЛОВЕКА. С.Я.Амстиславский, Я.Д.Анфиногенова .....	28		
<b>Проблемы и методы науки</b>			
КОШКИ ИЗ ПРОБИРКИ. С.Я.Амстиславский. ....	34		
<b>Расследование</b>			
ОТБОР НА ДУРАКА. В.И.Глазко, Т.Т.Глазко .....	36		
<b>Что мы пьем</b>			
РУССКАЯ ВОДКА. ВСЕГДА ЛИ БЫЛО 40%? В.З.Григорьева .....	40		
<b>Проблемы и методы науки</b>			
ПОДЛИННАЯ ЖИЗНЬ ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ. С.В.Пацаева .....	41		
<b>Химики – нобелевские лауреаты</b>			
ИРВИНГ ЛЕНГМЮР: СССР ГЛАЗАМИ СОЮЗНИКА. А.С.Садовский .....	44		
<b>Наша книжная полка</b>			
ИНЪЕКЦИЯ ОТ ДЕПРЕССИИ, КАК ПОДРУЖИЛИСЬ ПИТЕРЕЦ И МОСКВИЧ. Е.Лясота .....	48		
<b>Земля и ее обитатели</b>			
РАКИ-ИНОПЛАНЕТЯНЕ. В.Лешина .....	50		
<b>Размышления</b>			
СЛУХ, ОСТРЫЙ, КАК ЗРЕНИЕ, И ЗРЕНИЕ, АБСОЛЮТНОЕ, КАК СЛУХ. Л. Хатуль .....	53		
<b>Фантастика</b>			
ФИАЛКА. Татьяна Томах .....	56		
<b>Что мы едим</b>			
РИС. Н.Ручкина .....	60		
<b>Материалы нашего мира</b>			
ЧТО УМЕЕТ «УМНЫЙ ТЕКСТИЛЬ». М.Демина .....	64		
<b>ИНФОРМАЦИЯ</b>	14, 54, 55	<b>КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ</b>	62
<b>В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ</b>	14	<b>ПИШУТ, ЧТО...</b>	62
<b>ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ</b>	21	<b>ПЕРЕПИСКА</b>	64
<b>КНИГИ</b>	18, 49		



# Третий брат

**Е. Клещенко**

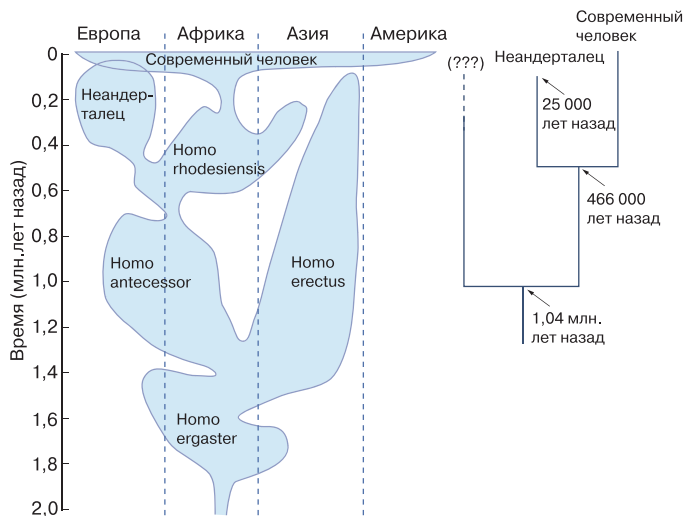
Может быть, правильней сказать «сестренка»? Но на самом деле неизвестно, мальчика или девочку нашли в Денисовой пещере на Алтае (почему распространилось мнение, что девочку — об этом чуть позже). Нашли, собственно, косточку мизинца ребенка возрастом от пяти до восьми лет. Исследование митохондриальной ДНК (мтДНК) из косточки преподнесло огромный сюрприз. Хотя этот ребенок жил в одно время с алтайскими неандертальцами и кроманьонцами, он не принадлежал ни к тем, ни к другим.

Денисову пещеру в Солонешенском районе Алтайского края любят туристы и очень ценят палеоантропологи. Название пещера получила от отшельника-старообрядца Дионисия, который жил здесь в XVIII веке, спасаясь от соблазнов. Но для первобытных людей поселение в пещеру было шагом к прогрессу и комфорту. Первые люди (очевидно, неандер-

тальцы) вошли под ее своды не позднее 125 тысяч лет назад. Именно с этого времени в пещере часто разводят костры и резко сокращается численность летучих мышей, которым, видимо, не понравился дым.

Всего в Денисовой пещере выделено более двадцати стратиграфических слоев, в которых археологи изучают каждый кубический сантиметр. Собраны обширные коллекции орудий труда и украшений, изготовленных из камня и кости, фрагменты скелетов животных — и тех, кто шнырял у людей под ногами, и тех, кто служил им пищей, и тех, кто забегал или заползал в пещеру, когда людей в ней не было. Хуже с костями самих людей. До сих пор было всего две впечатляющих находки — один молочный зуб и один зуб взрослого человека. Это и понятно, не будут же разумные люди устраивать кладбище там, где спят. Высказывались разные мнения по поводу того, чьи это зубы, неандертальские или наших предков, но более обоснованной в настоящее время считается принадлежность зубов кроманьонцам.

В 2008 году в восточной галерее пещеры сотрудники Института археологии и этнографии СО РАН нашли косточку



**На нашем генеалогическом древе появилась новая веточка?**  
 Слева: пространственно-временное распределение видов рода *Homo*, построенное на основании ископаемых находок (по статье Криса Стрингера в журнале «Nature» от 12 июня 2003 года, т. 423, с. 692–695). Пространственное деление достаточно условно: Алтай все-таки Азия, а неандертальцы там обитали. Справа: фрагмент филогенетического древа, построенного Краузе и соавторами по мтДНК. Судя по времени расхождения с предками неандертальцев и кроманьонцев, «денисовский человек» (ветка, помеченная вопросительными знаками) может быть потомком архантропов — человека прямоходящего *Homo erectus* или человека-предшественника *Homo antecessor*

ногтевой фаланги детского мизинца. Точнее, фрагмент косточки — головку с сохранившейся суставной поверхностью, меньше горошины. Косточка лежала в слое 11, возраст которого 30–48 тысяч лет. Примечательно, что в этом слое находили как мустьерские (среднепалеолитические), так и верхнепалеолитические изделия, в том числе орудия и украшения из кости. Мустьерскую культуру обычно ассоциируют с неандертальцами, верхнепалеолитическую — с кроманьонцами (хотя бывают и исключения). Возможно, в пещере в этот период поочередно обитали те и другие.

Логично было допустить, что косточка принадлежит либо неандертальскому, либо кроманьонскому ребенку. Проверить это можно, выделив из материала ДНК, отсекуив ее и сравнив последовательность с геномами неандертальцев и современных людей. Специалистов, умеющих работать с настолько древними ДНК, в мире немного. Однако новосибирские археологи уже сотрудничали по сходному поводу с Институтом эволюционной антропологии Макса Планка в Лейпциге, когда фрагменты скелетов неандертальцев, найденные на территории России и Узбекистана, «участвовали» в проекте секвенирования неандертальского генома. Образец костной ткани из Денисовой пещеры также исследовали Иоганнес Краузе, Сванте Пээбо и другие сотрудники Института Макса Планка — те самые люди, которых прославило секвенирование митохондриальной ДНК, а затем и полного генома неандертальца («Химия и жизнь», 2007, № 1).

В марте 2010 года журнал «Нейчур» опубликовал статью группы ученых из Института археологии и этнографии СО РАН, университета Монтаны (США), Венского университета и Института эволюционной антропологии общества Макса Планка. С российской стороны соавторами были директор Института археологии и этнографии академик РАН А.П. Деревянко и заместитель директора по научной работе М.В. Шуньков.

Надо заметить, что ДНК плейстоценовых видов *Homo*, за исключением неандертальцев и современного человека, до сих пор никем не была получена. Как-никак, это органичес-



## НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

кая молекула, и шансы на ее сохранение уменьшаются при высокой температуре, а большинство останков гоминин находят в экваториальных и тропических регионах Африки и Евразии. Возможно, некоторые прямые потомки *Homo erectus* обитали в Индонезии всего 100 тысяч лет назад (то есть фактически одновременно с человеком разумным), однако маловероятно, что даже их ДНК когда-либо будет получена — слишком там тепло. Палеогенетики делают ставку на ископаемые находки, сделанные в более высоких широтах, например на том же Алтае. Косточка, найденная в Денисовской пещере, казалась весьма перспективной.

Отправная точка палеогенетического исследования — мтДНК. Напомним, что каждая митохондрия нашей клетки имеет собственный геном. Этот геном весьма невелик по сравнению с ядерным (у человека — всего 16 565 пар нуклеотидов) и представлен множеством копий на клетку. Кроме того, поскольку митохондрии находятся в цитоплазме, человек получает свой митохондриальный геном из яйцеклетки — то есть от матери, без всякой примеси отцовских генов. Это удобно для построения родословных — как «чисто человеческих», так и межвидовых, благо у нас есть митохондриальные геномы неандертальцев, кроманьонцев и современных людей, а также обезьян. Кстати, дитя из Денисовой пещеры называют «X-woman» только потому, что исследовали его митохондриальную ДНК: «икс» — как нечто неизвестное, woman — в знак того, что полученные данные показывают наследование по женской линии. Определить пол ископаемого ребенка по мтДНК и форме косточки невозможно: необходим или более полный скелет, или ядерная ДНК.

Для исследования выделили ДНК из 30 мг костного порошка. Изолированные фрагменты мтДНК секвенировали с обоих концов по технологии «Illumina». (О новейших технологиях секвенирования и компаниях, которые их разрабатывают и выставляют на рынок, мы расскажем в одном из ближайших номеров.) В дальнейший анализ включали только те фрагменты, которые удалось дочитать с двух концов до середины, с перекрытием не менее чем на 11 пар нуклеотидов. Это заставило отказаться от всех фрагментов длиннее 134 п.н., зато уменьшило число ошибок на 3'-конце, где «Illumina» читает весьма неточно. Всего было получено 1 178 300 последовательностей, из которых в итоге лишь 30 443 использовали для восстановления мтДНК. Дело это тонкое: компьютерная программа должна «знать», какие повреждения характерны для древней ДНК. Если где-то имеет место расхождение в одну «букву», надо понимать, что считать правильным.

Важнейшая проблема палеогенетики и палеогеномики — как не перепутать древнюю ДНК с более поздними загрязнениями. (Подробнее об этом см. «Химию и жизнь», 2009, № 5.) Полученную последовательность сравнивали не только с мтДНК неандертальцев и современных людей, но и с мтДНК животных, чтобы убедиться, что она человеческая. А чтобы доказать, что отсекуивирован был именно митохондриальный геном палеолитического ребенка, а не кого-то из соавторов работы, ДНК из костного материала выделили повторно и прочитали 9908 случайно выбранных фрагментов. Все они легли на полученную последовательность, а значит, ре-



## НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

зультаты воспроизводились. Кроме того, проверили 276 позиций, в которых ДНК из Денисовой пещеры отличилась более чем от 99% современных людей, чтобы убедиться, что везде эти отличия одинаковы, то есть ДНК получена от одного индивида. (И действительно, они оказались одинаковыми в 99,7% случаев.)

Удалось извлечь пользу даже из повреждений древней ДНК. При правильном подходе это своего рода «благородная патина», которая помогает отличить ДНК ископаемого существа от современных загрязнений. Например, еще на образцах неандертальцев было показано, что в обрывках подлинно древней ДНК у 5'-концов примерно треть цитозинов замещены тиминами, тогда как на 3'-концах наблюдается комплементарное замещение гуанина аденином. Все это подтверждало: исследователи восстановили именно мтДНК ископаемого ребенка.

Наконец, мтДНК из Денисовой пещеры сравнили с 54 образцами мтДНК современных людей, с мтДНК кроманьонца из позднего плейстоцена, найденного в Костёнках (Россия, Воронежская область), с шестью полными неандертальскими мтДНК, одной, полученной от бонобо, и одной от шимпанзе. О том, что было дальше, немецкий журнал «Шпигель» пишет в драматических тонах. «Иоганнес Краузе снова и снова перепроверял свои данные. Он никак не мог поверить в такой результат. Ученый хотел убедиться в своей правоте, прежде чем звонить боссу — знаменитому специалисту по эволюционной генетике Сванте Пээбо. Действительно ли ДНК получена от неизвестного прежде вида человека?» Пээбо, по его собственным словам, тоже был потрясен, когда ознакомился с результатами.

Неандертальская мтДНК отличается от мтДНК современного человека в среднем по 202 позициям, ДНК «денисовского человека» — по 385 позициям, а шимпанзе — по 1462. (Как известно, мтДНК отдельных представителей *Homo sapiens* тоже различаются, но отличий в разы меньше, даже между далекими друг от друга этническими группами.) Таким образом, новая находка оказалась почти вдвое дальше от человека, чем неандерталец! «Денисовский человек» должен был отделиться от общего предка гораздо раньше, чем разделились современные люди и неандертальцы. Считая, что люди и шимпанзе разделились примерно 6 млн. лет назад, время жизни последнего общего предка для нас, неандертальцев и человека из Денисовой пещеры — примерно 1 млн. лет (среднее значение 1 040 900 лет назад?). С неандертальцем мы расстались гораздо позднее (465 700 лет назад). Хотя допуски во всех случаях довольно широки, тот факт, что с «денисовским человеком» мы должны были разойтись вдвое раньше, чем с неандертальцем, сомнений не вызывает.

Это показывает, что предки ребенка из пещеры Денисова ушли из Африки не тогда же, когда предки неандертальцев и современных людей. Первой группой гоминин, покинувших Африку, был *Homo erectus* — человек прямоходящий — около 1,9 млн. лет назад. Археологические и генетические данные показывают, что из Африки затем вышли еще как минимум две

группы: предки неандертальцев, предположительно *Homo heidelbergensis* или *Homo rhodesiensis* <http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature08976.html> - В6 (300—500 тысяч лет назад) и современный человек (около 50 тысяч лет назад). Похоже, предки «денисовского человека» не принадлежали ни к одной из этих ветвей. Можно предположить, что миллион лет назад из Африки в Евразию отправились некие архантропы (собирательное название для ранних видов рода, таких, как *Homo ergaster*, *H. erectus*, *H. antecessor*), которым посчастливилось прожить там достаточно долго. В конце концов, жили же в Индонезии *Homo floresiensis* — флоресские люди, за малый рост прозванные «хоббитами», похожие на *Homo erectus* или человека умелого, — всего 17–18 тысяч лет назад, а возможно, и позже.

Впрочем, споры о систематическом положении «хоббитов» продолжаются, а в случае «денисовского человека» говорить об открытии нового вида тем более преждевременно. Сами авторы исследования высказываются на этот счет осторожно. Чтобы определить место новой находки на нашем родословном древе, необходимо исследовать ядерную ДНК либо найти более полные скелеты. Но теперь есть причина искать такие скелеты в слоях, где прежде «по умолчанию» предполагались только неандертальцы и кроманьонцы — 30–50 тысяч лет назад. Вдруг и в самом деле по просторам Евразии в это время бродило не два вида человека, а три — двое умных, а третий с существенно меньшим объемом головного мозга...

Можно представить, как племя поздних архантропов, находящееся на последней грани вымирания, прокрадывается в пещеру, дождавшись, когда ее покинут лидеры эволюционной гонки. Или кроманьонцы либо неандертальцы где-то повстречали «аутсайдеров» и забрали с собой их ребенка. Не будем думать о них плохо, возможно, они не мучили чужое дитя. Потерять палец ребенок мог, протянув любопытную лапку туда, где большой человек разделяет добычу или расщепляет камень на пластины. А может быть, это была и не случайность. Обведенные охрой отпечатки ладоней с ампутированными фалангами пальцев появляются в пещерах не позднее чем 27 тысяч лет назад, и многие ученые считают, что это были ритуальные увечья. Может, ребенка вовсе не обижали, а наоборот, принимали в племя? Конечно, это домыслы, но они подводят нас к еще одной возможности. Хозяин мизинца мог выглядеть как обычный неандерталец или кроманьонец, но если его предком по материнской линии — через непрерывный ряд женщин — был архантроп, то его митохондриальная ДНК должна была сохранить характерные черты, хотя ядерный геном давно стал «папиным».

Так или иначе, тот, кто потерял кончик мизинца, жил на Алтае 30–50 тысяч лет назад. А менее чем в ста километрах жил неандерталец пещеры Окладникова, из фрагмента кости которого Сванте Пээбо с коллегами тоже получал мтДНК. Свидетельствами обитания кроманьонцев в этих местах и в это время Алтай давно знаменит. Вот самый сдержанный вывод, который можно сделать после изучения мтДНК из Денисовой пещеры: люди того периода были куда разнообразнее, чем считалось до сих пор.

### Что еще можно почитать на эту тему

**Johannes Krause, Qiaomei Fu, Jeffrey M. Good, Bence Viola, Michael V. Shunkov, Anatoli P. Derevianko, Svante Pääbo.** The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia. «Nature», 2010, т. 464, с. 894—897 (8 April) Published online 24 March 2010.

**А.П.Деревянко, М.В.Шуныков, А.К.Агаджанян и др.** Природная среда и человек в палеолите Горного Алтая. Условия обитания в окрестностях Денисовой пещеры. Новосибирск: Изд-во Института археологии и этнографии СО РАН, 2003. (Главы из книги можно найти на сайте «Проблемы эволюции»: <http://evolbiol.ru/deniska.htm>.)

# Роснаука

## МЕДИЧИ ПОДВОДНОГО МИРА

«Все — яд, все — лекарство; то и другое определяет доза». Это ставшее классическим высказывание Парацельса вряд ли знакомо морским анемонам, оказавшимся в центре внимания ученых из Института биорганической химии РАН. Однако они еще раз подтвердили, что яд и лекарство — близкие родственники. Так, компоненты, выделенные из стрекательных клеток анемонов, оказывают обезболивающее действие на мышей. Вероятно, эти вещества могут облегчать боль при воспалениях, нейропатии и раковых заболеваниях.

Морские анемоны, более известные как актинии, относятся к кишечнополостным. Они малоподвижны и, с точки зрения биолога, примитивны. Главное оружие актиний в борьбе за выживание — токсины, служащие для охоты и защиты от хищника. Жертвами актиний становятся мелкие рыбки, ракообразные и моллюски. Естественно, это вынуждает актиний иметь большую коллекцию ядов. По своей химической природе эти яды относятся к полипептидам, то есть состоят из последовательности аминокислот, а сама последовательность записана в геноме. В этом они схожи с белками, но отличаются от них меньшей длиной — всего несколько десятков аминокислотных остатков.

Токсины актиний различны по механизму действия: часть из них повреждает клеточные мембраны, часть — вызывает паралич или нарушает работу ферментов жертвы. Различны они и по специфичности: какие-то сильнее действуют на беспозвоночных, какие-то опаснее для рыб. Более того, эти токсины могут иметь разные мишени в клетке, например натриевые или калиевые каналы.

Однако в этом убийственном для мелких обитателей моря коктейле, которым начинены стрекательные клетки актиний, есть не только ядовитые вещества. Некоторые из полипептидов, синтезируемых клетками, оказываются безвредными для потенциальной жертвы. По-видимому, генная библиотека актиний устроена таким образом, что постоянно комбинирует и изменяет уже имеющиеся токсины. При этом новые пептиды могут сохранять ядовитые свойства и даже их усиливать, а могут и терять или давать совершенно необычный эффект.



Рисунок Эрнста Геккеля (1904)

Ученых заинтересовало обезболивающее действие некоторых фракций, полученных из стрекательных клеток морских анемонов. Вероятно, мишенью для содержащихся в этих фракциях полипептидов служит рецептор TRPV1. Его функция в клетке — транспорт катионов через мембрану, обеспечивающий передачу нервного импульса. Подавляя активность этого белка, можно добиться снижения чувствительности.

Перед исследователями встала задача — получить те самые вещества, которые подавляют рецептор. При изучении пептидов, выделенных непосредственно из актиний возникли проблемы: концентрация этих веществ в клетке очень мала, а разделять малые количества непросто. Поэтому ученые прибегли к генно-инженерным методам: они определили аминокислотную последовательность пептидов, содержащихся в обезболивающих фракциях, и синтезировали для них кодирующие цепочки нуклеотидов. Полученные цепочки с помощью тонких и умелых манипуляций ввели в геном одного из штаммов кишечной палочки. Кишечная палочка исправно продуцировала полипептиды актиний, причем их активность соответствовала природным образцам.

Исследования на мышах подтвердили, что выделенные пептиды — АРСН2 и АРСН3, а также ранее известный АРСН1 — при внутривенном введении снижали чувствительность животных к

боли. В то же время они не оказывали токсического действия на мышей и не нарушали их поведения. Результаты эксперимента, а также возможность микробиологического синтеза позволяют надеяться, что полученное семейство полипептидов найдет свое применение в фармацевтике. Причем число генов, кодирующих полипептиды схожего действия, составляет, возможно, многие десятки. А это значит, что от актиний можно ждать новых сюрпризов.

## ЦИТАТА

### ГОРЕНИЕ В ВОДЕ И ГОРЕНИЕ ВОДЫ

«В 1794 году английский химик Элизабет Фулхейм сообщила, что вода выступает в роли катализатора горения угля. «Вода является единственным источником кислорода, который окисляет горючие тела, тогда как водороды воды связываются с кислородом воздуха, образуя количество воды, равное израсходованному».

$C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 4H$ ;  $4H + O_2 \rightarrow 2H_2O$ . Из записанной схемы видно, что горит здесь именно восстанавливающая кислород вода. Открытие Фулхейм было забыто, но в 1877 году английский химик Диксон установил необходимость присутствия паров воды или воды, адсорбированной на стенках сосудов, для горения угарного газа. Оказалось, что сухая смесь  $CO$  и  $O_2$  в тщательно высушенном сосуде не поджигается искрой. Введенные капли воды и даже наличие следов воды, адсорбированной стенками сосуда, достаточно, чтобы поджечь газовую смесь. К исследованию этой реакции подключились Д.И. Менделеев и М.Траубе, работы продолжались более полувека, но механизм этого явления так и не был раскрыт.

А может ли вода гореть в живой материи? В 2000 году американские иммунологи обнаружили, что антитела (иммуноглобулины), а также некоторые другие белки (бета-галактозидаза, бета-лактальбумин, овальбумин) катализируют окисление воды синглетным (возбужденным) кислородом до пероксида водорода, что равноценно горению воды. Было выяснено, что донором электронов является вода, особым образом упорядоченная этими белками. Значит, вода может образовывать такие структуры, в которых она приобретает свойства восстановителя».

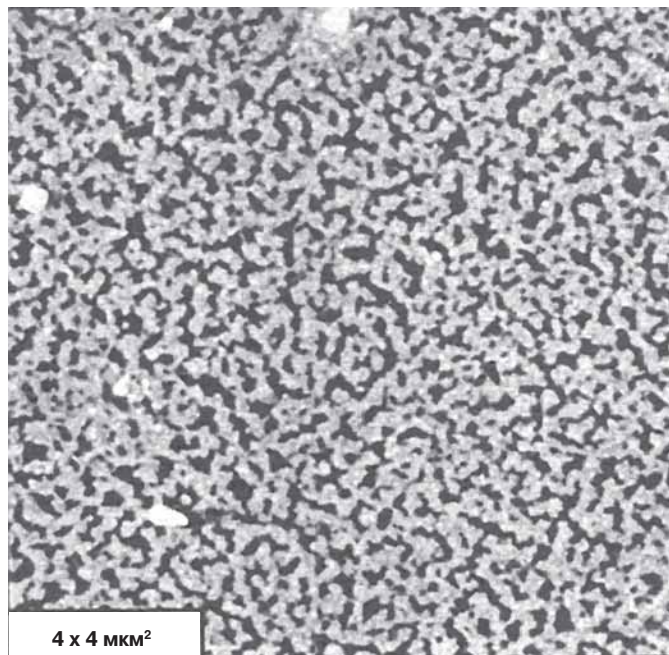
Из статьи В.Л. Воейкова «Ключевая роль устойчиво неравновесного состояния водных систем в биоэнергетике» («Российский химический журнал», 2009, т. LIII, № 6).

Р.Акасов

# Фторопласт в наноформе

Академик РАН,  
доктор химических наук  
**В.М.Бузник**

В августовском номере журнала «Химия и жизнь» за 2009 год опубликована статья С.А.Хатинова «Фторопласт: радиационная закалка», в которой описано удивительное преобразование политетрафторэтилена после облучения его расплава. Однако это не единственная интересная особенность тефлона. В наноформе он проявляет не менее необычные свойства. Ниже — рассказ о нескольких интересных результатах исследований в этой области.



Такое нанопокрывтие получается при осаждении фторполимера из сверхкритического  $CO_2$

## Фторполимеры

Фторполимеры — молекулы из углеродного скелета, к которому вместо водородов присоединены атомы фтора, — созданы человеком. Почему же их нет в природе? В отличие от водорода и углерода, которые встречаются во многих органических и неорганических природных соединениях, фтор содержится лишь в минералах, преимущественно во флюорите, и находится там в сильно связанном состоянии. В тридцатые годы XX века бытовало даже убеждение о невозможности существования фторполимеров, и потому случайный синтез политетрафторэтилена (ПТФЭ) так поразил научную общественность. Напомним эту историю.

Доктор Рей Дж. Планкетт исследовал в компании «Дюпон» фреоны. Для их получения нужен газообразный тетрафторэтилен (ТФЭ) —  $C_2F_4$ , который хранят, как и все газы, под давлением в баллонах. Шестого апреля 1938 года Планкетт обнаружил, что давление в одном баллоне упало, однако никаких видимых повреждений у баллона не было, а его вес остался прежним. Значит, газ не улетел, а во что-то превратился. Заинтересовавшийся исследователь распилил металлический баллон и обнаружил в нем белый маслянистый порошок — тот самый полимер, которого не могло быть. Как оказалось, ТФЭ полимеризуется под давлением, но нужны иницирующие вещества. Возможно, баллон не был чистым, и загрязнение сыграло роль инициатора.

## Органическая платина

Новый материал обладал свойствами, ранее не наблюдавшимися у полимеров. Во-первых, он не взаимодействовал ни с одним веществом и не растворялся в известных растворителях. Во-вторых, плавился при высокой температуре —  $330^\circ C$ , разлагался выше  $470^\circ C$ , работал в диапазоне от  $-269$  до  $+260^\circ C$ . Полимер демонстрировал прекрасные диэлектрические свойства и рекордно низкий коэффициент трения, за что был занесен в Книгу рекордов Гиннеса как самый скользкий материал. Кроме того, он биоинертен, не склонен к старению, гидрофобен и климатически стоек. Неудивительно, что тефлон нашел применение во многих сферах деятельности: атомная и химическая промышленность, машиностроение, авиационная и космическая техника, энергетика, все виды транспорта, электротехника, медицина, спорт, быт. Весовая доля фторполимеров в мировом производстве полимеров невелика, около 0,2%, но стоимость этой малой доли внушительна — порядка трех миллиардов долларов США, причем более половины приходится на политетрафторэтилен — ПТФЭ.

Из достоинств, впрочем, следуют и недостатки: нерастворимость материала и большая вязкость расплава исключает возможность жидкофазных технологий. Фторполимеры быстро изнашиваются, не стойки к облучению, легко «текут» при низкой температуре, плохо прилипают к другим материалам. При производстве изделий из ПТФЭ образу-

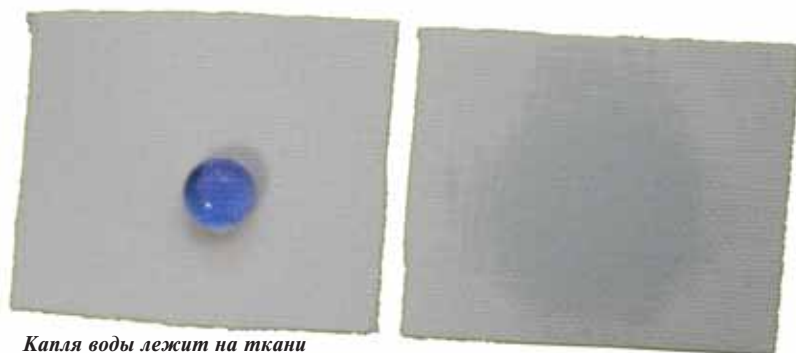
ется много отходов, а вторично его перерабатывать нелегко. Ну и стоимость полимера весьма высока, что ограничивает его применение.

Конечно, исследователи находят способы преодоления этих недостатков, и весьма успешно, о чем свидетельствует массовое производство «непригорающей» посуды или «водоотталкивающих» тканей с тефлоновым покрытием. Однако технология не стоит на месте, и, возможно, дальнейший прогресс связан с использованием фторполимеров в виде микро- и наноразмерных объектов — это поможет свести к минимуму расход дорогостоящего материала. К нанобъектам можно отнести порошки, покрытия и растворы, содержащие олигомерные макромолекулы. Именно на них и остановимся.

## Порошок ПТФЭ

Обычно неорганические мелкие порошки получают синтезом из газовой фазы. Для ПТФЭ такую технологию долго не применяли, и тому имелись причины. Во-первых, при нагреве молекулы полимера могут разложиться с образованием мономера  $C_2F_4$ , а для его обратной полимеризации требуются специальные технологические приемы. Во-вторых, у полимеров, в отличие от неорганических веществ, свойства и строение сильно меняются даже при незначительном изменении внешних воздействий, поэтому определить оптимальные параметры технологических режимов очень сложно.





Капля воды лежит на ткани с нанопокрывтием из ПТФЭ (слева), а в обычную ткань легко впитывается, оставляя мокрое пятно (справа)

Как оказалось, эту проблему можно решить. Режимы пиролиза, при котором фторполимер сначала разлагается, а потом конденсируется с образованием порошка, были найдены, и уже более десяти лет в Институте химии ДВО РАН изготавливают порошок, получивший название ФОРУМ (ФторОрганический Ультрадисперсный Материал). При его производстве можно использовать отходы ПТФЭ — получился способ их утилизации.

Ультрадисперсные порошки ПТФЭ можно получать и другими методами. В их число входят лазерное испарение, гидротермальный способ, сочетание радиационного и механического воздействия. Такие порошки под торговыми марками ФЛУРАЛИТ, ТОМФЛОН выпускают некоторые малые инновационные предприятия.

Мы еще не понимаем, как образуются порошки фторопласта. В качестве рабочей выдвинута такая схема. При нагреве промышленного фторполимера происходит выделение газообразных продуктов. При определенных условиях в этом газе начинают зарождаться частицы наноаэрозоля. Поначалу их размер — десятки нанометров, но затем, за счет дальнейшей конденсации фторуглеродных молекул он вырастает до микронов. Форма частиц близка к сферической. В другом варианте наноаэрозоли «срастаются», образуя блоки. В порошке, помимо отдельных частиц со средним диаметром 550 нм, есть агрегаты размером 1,5–5 мкм, сформированные из частиц, а также более крупные (свыше 10 мкм) агломераты, образованные, в свою очередь, из агрегатов и отдельных частиц. Агрегаты и агломераты, в отличие от частиц, непрочны, их можно разрушить воздушным потоком или акустическим воздействием в жидкой среде.

Интересная особенность порошка — наличие высоко- и низкомолекулярной фракций с сильно различающимися молекулярными массами; в промышленных образцах ПТФЭ ничего подобного нет. В низкомолекулярной фракции макромолекулы образуются из нескольких десятков звеньев, тогда как в

высокомолекулярной компоненте их размер исчисляется сотнями тысяч звеньев. Таким образом, при пиролизе наряду с фторполимерами получают фторпарафины.

Различается и строение молекул этих двух фракций. Например, в макромолекулярной цепочке низкомолекулярной компоненты наряду с  $\text{CF}_2$ -фрагментами наблюдаются трифторметильные ( $\text{CF}_3$ ) и олефиновые ( $\text{CF}=\text{CF}_2$ ) группы. Особенности строения порошка определяют различие свойств: эти фазы возгораются при разных температурах, что позволяет их разделять повторным пиролизом.

Ультрадисперсные порошки фторопласта интересны не только для получения новых знаний о превращениях веществ, но и в практическом отношении. Сейчас с их использованием создан один коммерческий продукт — присадка к машинному маслу, которая снижает износ двигателя (подробнее об истории внедрения этого препарата см. «Химию и жизнь», 2002, № 3). Однако свежие исследования позволяют предположить, что фторопласт в наноформе может создать немало новых материалов.

### Низкомолекулярная фракция и сверхкритический $\text{CO}_2$

Как уже было упомянуто, за ПТФЭ закрепилась слава абсолютно неразрушимого материала, и это сильно затрудняет его использование. Однако низкомолекулярная фракция отказалась подчиняться этому «приговору»: она растворяется в сверхкритическом диоксиде углерода.

Далее возникла такая технология. Низкомолекулярную фракцию порошка и подложку совместно выдерживают при температурах и давлениях, соответствующих сверхкритическому растворению, а затем изохорно (то есть сохраняя объем) снижают температуру в реакторе. Из-за ухудшения растворимости фторуглеродные молекулы осаждаются на подложке и форми-

руют покрытие толщиной несколько нанометров. При этом если на поверхности имеются наноразмерные неровности, то шероховатость сохранится, а вся поверхность приобретет свойство сверхгидрофобности. В природе таким свойством обладает лист лотоса, шероховатая поверхность которого образована гидрофобными биопарафинами (см. «Химию и жизнь», 2006, № 2).

С помощью низкомолекулярной фракции ультрадисперсного порошка ПТФЭ и сверхкритического  $\text{CO}_2$  сотрудники Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН и Института химии растворов РАН получили сверхгидрофобные поверхности на различных материалах,



Если поры губки сделать сверхгидрофобными, она перестнет тонуть в воде

таких, как полимерные трековые мембраны, микропористые и композитные полимерные структуры, пористые тканые и нетканые материалы, наноструктурированные и кристаллические поверхности.

Интересной иллюстрацией качественного изменения свойств материала за счет превращения его поверхности в сверхгидрофобную служит керамическая губка. Обычно она из-за хорошего смачивания и капиллярных эффектов прекрасно впитывает воду и тонет. А если на поверхность пор нанести покрытие, то капиллярный эффект не сработает — губка будет плавать в воде.



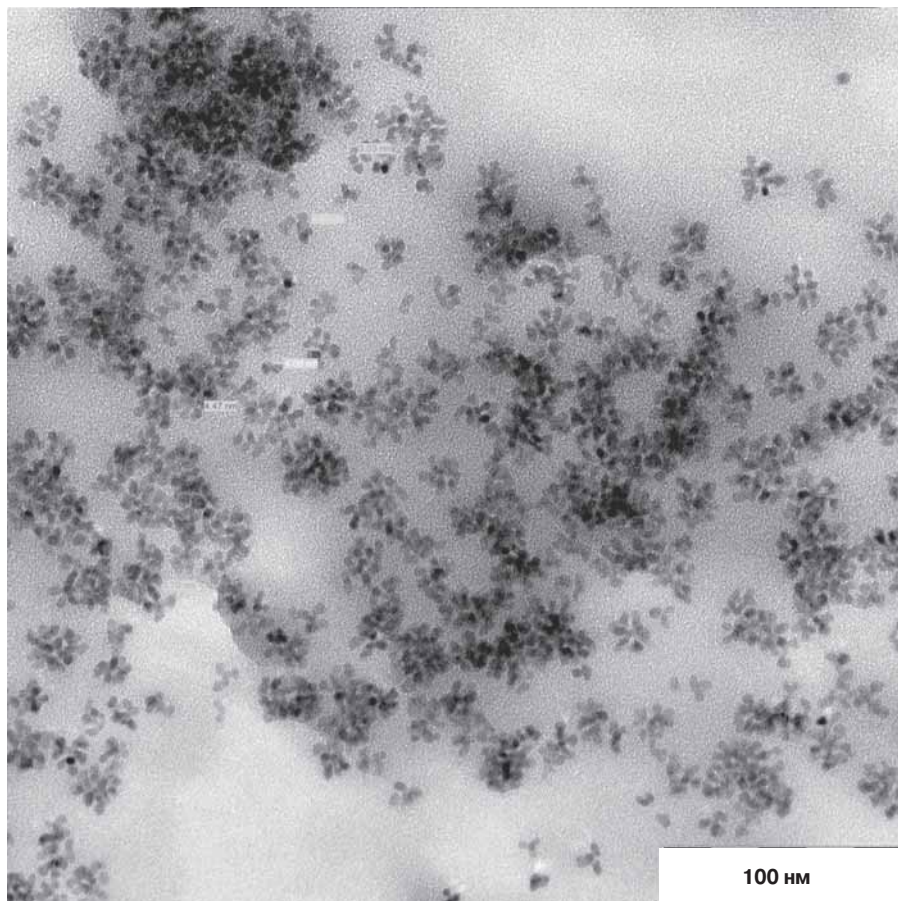
Такой подход перспективен для получения гидрофобных и химически стойких фильтров, матриц для катализаторов и других применений.

Технологию с использованием сверхкритического  $\text{CO}_2$  можно применить и для создания полимер-полимерных композитов. Например, в реактор помещают парафин со фторполимерным порошком и создают условия для растворения последнего. Затем смесь перемешивают в атмосфере сверхкритического  $\text{CO}_2$  и осаждают. Получаются сферические частицы размером от 50 до 300 мкм с оболочкой из ПТФЭ и парафиновым ядром. Так в инертную и химически стойкую оболочку удастся капсулировать многие частицы, содержащие какие-нибудь агрессивные вещества.

## Теломеры в растворе

При всех перечисленных достоинствах метода сверхкритических флюидов у него есть и ограничение: технология требует помещения всего изделия в реактор с высоким давлением. Хотелось бы иметь простую, традиционную технологию нанесения фторполимеров: окунаем, кистью или пульверизатором. Такую технологию разработали в Институте проблем химической физики РАН. Она основана на получении органических растворов, которые содержат короткие фторуглеродные цепочки — теломеры, а ее суть состоит во введении в жидкий растворитель газообразного тетрафторэтилена (ТФЭ) с последующим облучением смеси гамма-квантами. В результате возникают различные фторсодержащие молекулярные образования, причем 90% — это теломеры. Их формула:  $R_1-(\text{C}_2\text{F}_4)_n-R_2$ , где  $R_1$  и  $R_2$  — H,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{COCH}_3$ , а  $n = 5$  и более. Размер теломеров менее 10 нм, поэтому они принадлежат к числу нанообъектов.

Если на твердую поверхность нанести теломерный раствор, то при испарении растворителя остается белый фторполимерный осадок, имеющий строение, отличное от ПТФЭ. Полученное покрытие состоит из блочных час-



*Порошок нанокompозита фторопласта, полученный с помощью теломер*

тиц нерегулярной формы размером от 100 до 1500 нм, оно не сплошное, а «составлено» из отдельных островков. При нагреве теломеры теряют концевые ацетоновые фрагменты, а сам фторполимер размягчается, растекается, и островки соединяются в сплошную полимерную пленку. Ее строение уже близко к ПТФЭ.

Этим методом можно наносить покрытие на изделия любой формы и габаритов, включая пористые и сыпучие объекты, и любого химического состава. В частности, придавать новые свойства искусственным и природным тканям и нитям, объем производства которых огромен. Теломерные растворы, изготавливаемые этим способом, защищены свидетельством на товарный знак ЧЕРФЛОН.

Пригодятся они и для борьбы с одним из серьезных недостатков фторополимеров — малой стойкостью к износу. Обычно эту задачу решают, вводя в полимер неорганический порошок, желателен наноразмера. А во фторполимер трудно внедрить такой порошок, поскольку вязкость расплава велика. Теломеры же можно осаждают на поверхность неорганических частиц непосредственно в момент изготовления, в растворе. Как показали исследования, выполненные в Институте общей и не-

органической химии им. Н.С.Курнакова РАН, смешение теломерного раствора с коллоидным раствором различных оксидных наполнителей, сопровождаемое ультразвуковой обработкой и последующим испарением растворителя, позволяет получить фторполимер, в котором частицы нанопополнителя распределены равномерно.

Фторополимеры в наноформе проявляют большое разнообразие свойств и соответственно разнообразие идей по их использованию, которые отнюдь не исчерпываются приведенными примерами. Для того чтобы освоить это многообразие, в Российской академии наук был создан консорциум «Фторполимерные материалы и нанотехнологии» ([www.conftror.ru](http://www.conftror.ru)). В 2008 году, к семидесятилетию открытия ПТФЭ, консорциум подготовил специальный номер «Российского химического журнала» (т. LII, № 3) с обзором современного состояния химии фторополимеров. В нем читатель найдет более глубокую и обширную информацию о современном состоянии химии фторополимеров, их производстве и применении.



# Полку матрешек прибыло!



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

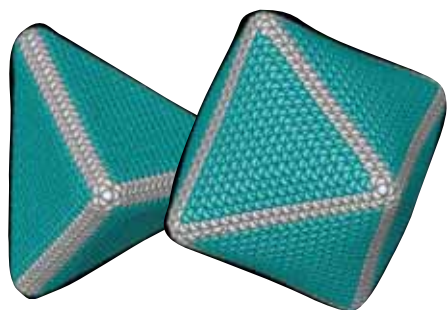
До сих пор углеродные матрешки (рис. 1) делали из идеальных фуллеренов, вкладывая их друг в друга (эндоэдральный комплекс).



1 Срез матрешки из идеальных фуллеренов  $C_{1500}$ ,  $C_{960}$ ,  $C_{540}$ ,  $C_{240}$  и  $C_{60}$

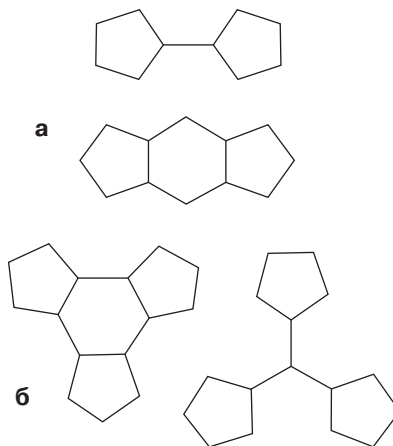
Заметим, что на поверхности таких фуллеренов 12 пятичленных циклов равномерно распределены по одному среди  $(N - 20)/2$  шестичленных циклов ( $N$  — число атомов углерода). В результате получается замкнутая поверхность икосаэдрической формы.

Нам удалось расширить круг материала для матрешек, собрав модели углеродных октаэдров и тетраэдров (рис. 2).



2 Углеродные октаэдр  $C_{3860}$  (а) и тетраэдр  $C_{2672}$  (б). Ребра окрашены, чтобы подчеркнуть объем

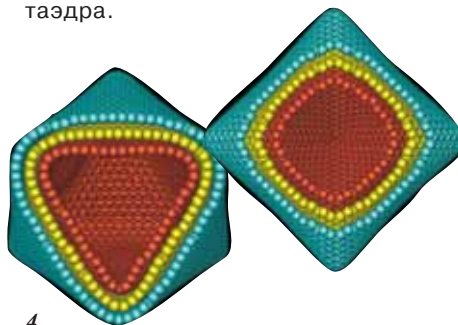
По сути, углеродный октаэдр — это тот же фуллерен, просто у него 12 пятичленных циклов расположены иначе: на закругленных вершинах углеродной поверхности сгруппированы по два пятичленных цикла (рис. 3а), равномерно распределенных среди  $(N - 20)/2$  шестичленных циклов. Получается замкнутая поверхность октаэдрической формы.



3 Расположение пятичленных циклов в вершинах углеродных октаэдра (а) и тетраэдра (б)

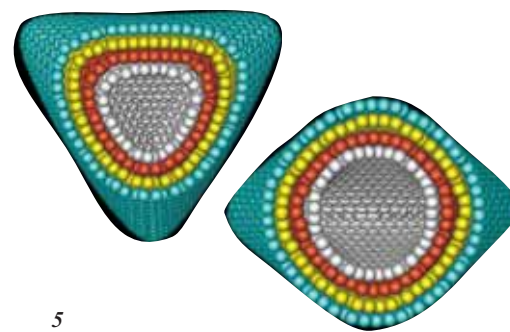
Если двенадцать пятичленных циклов сгруппировать по три (рис. 3б), то вместе с  $(N - 20)/2$  шестичленными циклами они образуют замкнутую тетраэдрическую поверхность (рис. 2б).

На рис. 4 показаны срезы матрешки из трех эндоэдральных углеродных октаэдров. Их размеры подобраны с таким расчетом, чтобы расстояние между ближайшими поверхностями было того же порядка (0,33—0,35 нм), что и в графите. При этом между соседними октаэдрами возникает заметное взаимодействие, вследствие чего эндоэдральный комплекс оказывается энергетически выгоднее, чем три отдельно взятых углеродных октаэдра.



4 Срезы матрешки из углеродных октаэдров  $C_{3860}$ ,  $C_{2876}$  и  $C_{2036}$ . Раскраска «внутренности» модели сделана для большей наглядности

На рис. 5 показаны срезы матрешки из четырех углеродных тетраэдров, которым также энергетически выгоднее быть вместе, чем в отдельности.



5 Срезы матрешки из углеродных тетраэдров  $C_{2672}$ ,  $C_{2272}$ ,  $C_{1568}$  и  $C_{1264}$

Таким образом, замкнутые высокосимметричные углеродные поверхности могут иметь не только форму тела Архимеда — усеченного икосаэдра (классические идеальные фуллерены), но и форму тел Платона — тетраэдра и октаэдра, которые также допускают объединение в эндоэдральные комплексы — матрешки.

Еще одно платоновое тело, куб, не может служить заготовкой для углеродной поверхности и матрешек, которые сохраняли бы симметрию куба, так как распределить поровну 12 пятичленных циклов между 8 вершинами невозможно.

Закономерный вопрос: известно ли что-то о существовании в природе октаэдрического и тетраэдрического углерода, матрешек из них, где их искать и как можно было бы идентифицировать? Отвечаем: неизвестно, ведь сама идея таких форм углерода возникла совсем недавно. Искать нужно в фуллереновой саже или в самом обычном графите путем (с помощью) сканирования и анализа электронных микрофотографий, создания доступной базы этих данных, сравнения со срезами компьютерных моделей. Возможно, как делают в астрономии, стоило бы привлечь к этому делу молодых любителей, стремящихся наблюдать и открывать новое и неизведанное.

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

# Квантовые точки Дубны



Фото: Сергей Коллер

Кандидат  
физико-математических наук

**С. М. Комаров**

*Квантовые точки — один из немногих объектов нанотехнологий у которых связь размера со свойствами видна невооруженным глазом: эти наночастицы ярко светятся при освещении, причем длина волны свечения определяется их диаметром. Считается, что квантовые точки ожидают широкое применение во многих областях — от биохимии и медицины до компьютерной техники и высокой моды, но пока что их делают маленькими партиями, которых едва хватает на исследования. Скоро эта ситуация изменится.*

## Завод в комнате

Грамм американских квантовых точек стоит 2 тыс. долларов, японских — почти 10 тыс. евро. Китайцы квантовые точки не делают. Отечественные же продаются по 20 тыс. рублей за грамм. Их синтезируют на экспериментальном производстве предприятия «Нанотех-Дубна». А летом этого года в свободной экономической зоне Дубны начнет работу полноценный завод, способный делать квантовые точки килограммами. Эти нанообъекты невелики, поэтому и завод для их изготовления весьма компактен. Фактически, он помещается в одной комнате. Его сердце, а может быть, желудок — реактор. В экспериментальной установке это многогорловая колба, в которую подведены всевозможные датчики, термометр, пипетки для добавления веществ и средства отбора проб. На заводе будет стоять реактор несколько большего размера, однако принципиальная конструкция останется той же. «Сейчас нам купили стандартный реактор. В будущем надеемся на создание реакторов по нашим чертежам», — говорит генеральный директор предприятия кандидат химических наук М. С. Вахштейн.

Завод квантовых точек в Дубне станет единственным производством такого рода в мире, потому что до сих пор точки делали малыми партиями, можно сказать, экспериментальными. В результате возникает парадоксальная ситуация: возможные потребители не заказывают товар потому, что не уве-

*Дубнинские квантовые точки сияют всеми цветами радуги*

рены в стабильности поставок, а изготовители не создают производство, потому что не уверены в потребителях. Завод в Дубне должен этот порочный круг разорвать.

## Частицы коллоида

Одними из первых удачный синтез квантовых точек одинакового размера (а это важно, чтобы все они давали свет одной длины волны) поставили ученые из Массачусетского технологического института во главе с доктором Мунджи Бавенди в 1993 году. Они использовали теорию формирования коллоидного раствора из частиц одного размера, созданную Виктором Ла Мером и Робертом Динегаром с химического факультета Колумбийского университета еще в годы войны (статья об этом была опубликована в ноябрьском номере «Journal of the American Chemical Society» за 1950 год). А практическая часть была представлена получением монодисперсных частиц коллоидной серы.

Коллоидную серу можно готовить разными способами, например выделением из пересыщенного раствора. Серу растворяют в органическом растворителе — ацетоне или этиловом спирте, причем раствор делают сильно разбавленным. Затем к нему капля по капле приливают воду. Сера в воде не растворяется, и, когда воды становится слишком много, частицы серы из раствора выпадают, а раствор резко мутнеет, давая «серное молоко». При этом может получиться и широкое, и узкое распределение частиц по размерам. Как оказалось, это зависит от исходной концентрации серы. Если она совсем мала, то раствор лишь слегка мутнеет, и все. Если концентрация больше, то при добавлении очередной капли воды раствор мгновенно становится подобным молоку. При этом луч света, проходящий сквозь раствор, сначала будет синевато-белым, а через некоторое время у него появятся особенности в красной и зеленой областях спектра. Это означает появление множества одинаковых частиц, которые специфически рассеивают свет определенных длин волн. При большей же концентрации раствор тоже резко мутнеет при



добавлении очередной капли воды, однако никаких особенностей в спектре не появляется. То есть, распределение частиц по размерам вышло широким и никакая длина волны света не получила преимущества.

Теория, построенная учеными на основании этого наблюдения, такова. Чтобы получить монодисперсное распределение частиц, нужно решить две задачи. Во-первых, следует обеспечить мгновенное образование огромного числа зародышей. Во-вторых, после этого скорость образования зародышей необходимо снизить до нуля с тем, чтобы все молекулы вещества, которые должны выйти из пересыщенного раствора, расходовались только на рост уже имеющихся частиц. Значит, зародышей должно быть так много, чтобы нигде в промежутке между ними не возникло достаточное пересыщение для появления новой частицы. Именно эти два условия и обеспечивают существование интервала оптимальной концентрации. Аналогичного эффекта можно добиться не прибавлением воды по капле, а нагревом и последующим охлаждением.

В дальнейших опытах с сульфидами ученые выяснили, что немалое значение имеют как форма выделяющихся частиц, так и величина поверхностного натяжения на границе с жидкостью. Не случайно в современные составы для выращивания квантовых точек входят поверхностно-активные вещества.

## Точки в октилфосфине

Как же использовать эту теорию для изготовления наночастиц полупроводника? Не одна научная группа пыталась ответить на этот вопрос. Главное — найти правильную реакцию для синтеза этого полупроводника сразу в форме наночастиц.

Возьмем в качестве примера методику получения основной разновидности квантовых точек — кадмий-селеновых. Изготовить CdSe можно несколькими путями. Самый простой — слить водные растворы двух солей, скажем, сульфат кадмия и селенид натрия: произойдет обмен катионами и анионами, после чего нерастворимый селенид кадмия выпадет в



*Генеральный директор компании «Нанотех-Дубна» М.С.Вакштейн показывает оборудование лаборатории*

**ГОД ХИМИИ**

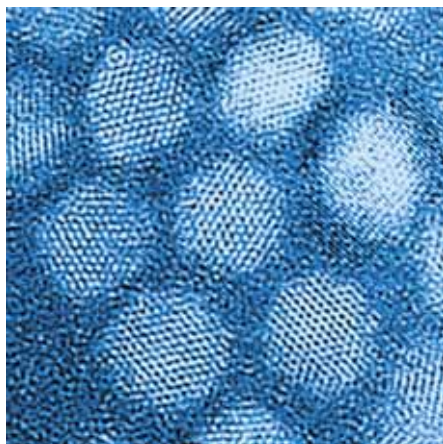
осадок. Однако для получения бездефектных нанокристаллов нужно вести процесс при температуре, гораздо большей, чем может обеспечить кипящая вода. Диметилкадмий растворяется в органике и очень реакционноспособен, а проще всего соединить его с селеноводородом. Но вот беда, первый компонент — взрывоопасен, а второй компонент представляет собой ядовитый газ; работать с ними трудно, особенно если речь идет о промышленном производстве. Рассуждая таким образом, Майкл Стейгервальд с коллегами из «Bell Laboratories» в 1987 году пришел к выводу, что лучше всего использовать реакцию между диметилкадмием и триэтилсиллилселеном. В результате реакции получается красно-коричневый раствор, содержащий наночастицы селенида кадмия. Правда, с широким распределением по размерам.

Этой-то находкой Стейгервальда и воспользовались химики из группы Бавенди, чтобы получить монодисперсные частицы CdSe. В качестве растворителя, а заодно и поверхностно-активного вещества они взяли смесь фосфорорганических соединений — три-*n*-октилфосфин и три-*n*-октилфосфин оксид (в первом к атому фосфора присоединены три цепочки из восьми атомов углерода, а во втором — еще и кислород). Три-*n*-октилфосфин оксид (его сокращено называют ТОРО) оказался отличной реакционной средой: его молекулы, направив кислород к частице полупроводника и выставив три октильные цепочки наружу подобно ворсинкам, создавали столь густую шубу, что коллоидный раствор приобретал большую устойчивость и сохранял ее годами.

Строение растворителя заметно влияет и на скорость роста. Так, наличие октильных цепочек, которые плотно облепляют поверхность частицы, дает ее контролируемый рост при температуре выше 280°C. Замена же их на менее длинные метильные, этильные или бутильные цепочки делает рост неконтролируемым, то есть монодисперсного распределения по размерам добиться не удастся. Ну а при контролируемом росте можно время от времени отбирать часть раствора и извлекать из него частицы того размера, до которого они доросли, и в итоге за одну реакцию получать спектр разных квантовых точек.

Синтез же Бавенди проводил так. Сначала сделали два раствора: из триэтилсиллилселена и диметилкадмия в три-*n*-октилфосфине. Затем в реактор налили второй компонент растворителя — три-*n*-октилфосфин оксид — и нагрели до 300°C. После этого растворы, содержащие селен и кадмий, слили вместе, перемешали и быстро вылили в реактор. Вся смесь сразу же окрасилась в яркий желто-оранжевый цвет, а температура упала почти до 180°C. Далее при бережном нагревании реактора коллоидный раствор несколько часов дозревал до кондиции, то есть до нужного размера частиц селенида кадмия.

В чем суть этих манипуляций? Когда реагенты наливают в горячий реактор, происходит, в соответствии с теорией, мгновенное образование большого числа зародышей. Однако из-за этого раствор обедняется компонентами, а падение температуры дополнительно подавляет зарождение новых частиц. Аккуратное же последующее нагревание приводит к росту уже образовавшихся.



*Окруженные шубой наночастицы не слипаются. Точки внутри частиц — это отдельные атомы. Получено методом электронной микроскопии с прямым разрешением кристаллической решетки*

Помимо выделения на частицах во время роста все новых и новых атомов селена и кадмия, идет так называемый процесс остальдовской коалесценции — крупные частицы растут за счет мелких. Причина такого перераспределения вещества — более высокая энергия поверхности у мелких частиц по сравнению с крупными. А как следует из термодинамики, чем меньше энергия частицы, тем она более устойчива. Из-за коалесценции распределение частиц по размерам становится все более узким. Меняя температуру, можно играть параметрами этого процесса, ускоряя и замедляя рост частиц того или иного размера.

После того как основная задача была решена — получен коллоидный раствор с довольно узким распределением частиц CdSe по размерам, — последовали хитроумные манипуляции, делающие это распределение еще более узким, для чего в раствор добавляли различные органические вещества и извлекали отдельные фракции частиц. Позднее в схему синтеза, предложенную Бавенди, был добавлен еще один этап. Дело в том, что наличие у квантовой точки свободной поверхности не соответствует оптимуму свойств. Ведь лишённые соседей атомы оказываются в ином энергетическом состоянии, нежели те, что лежат в центре частицы. Поэтому возникла идея покрывать селенид кадмия слоем полупроводника с большей шириной запрещенной зоны. Такое покрытие не будет препятствовать ни поглощению света, ни последующей люминесценции, зато поверхностные атомы обретут соседей. Наилучшим партнером в качестве покрытия для CdSe оказался ZnS — с его помощью удается добиться 90%-ного квантового выхода люминесценции, то есть почти каждый фотон упавшего света вызывает рождение квантовой точкой ответного фотона.

## Наши точки

Как видно из этого краткого описания истории квантовых точек, изначально технология их получения выглядела как искусство и результат работы во многом зависел от ловкости рук экспериментатора и изворотливости его ума. Конечно, для промышленной технологии этот подход не годится. Есть у синтеза Бавенди и принципиальный недостаток. Окруженные шубой из октильных цепочек квантовые точки нерастворимы в воде. А такая растворимость нужна для того, чтобы точки можно было использовать в медицине и биологических исследованиях, ведь жизнь у нас построена на водной основе. Модификацией готовых частиц удается добиться растворимости, но зато существенно ухудшаются их свойства.

Ученым из Дубны удалось сделать технологию надежной и не требующей нескольких стадий — весь процесс проходит в одном реакторе. Сумели они решить и проблему растворимости в обоих видах растворителей. Для этого шубу частицы



*Экспериментальный реактор занимает совсем мало места*

строят из специально выбранного кремнийорганического соединения. В исходном виде оно дает растворимость в неполярных жидкостях, а после обработки щелочью гидролизуются, и окруженные им квантовые точки становятся растворимыми в воде. Эти способы были запатентованы и легли в основу нынешней деятельности компании по производству отечественных квантовых точек.

«В том, что действительно ни у кого нет промышленной технологии изготовления квантовых точек, нам пришлось убедиться на собственном опыте, — рассказывает М.С.Вакштейн. — Мы закупили по несколько партий квантовых точек у зарубежных коллег, и оказалось, что их свойства не только меняются от партии к партии, но и не всегда соответствуют заявленным в паспорте сделки. Поэтому мы уделили особое внимание стабильности технологии и возможности ее масштабирования, то есть переноса на большие объемы синтеза. Кажется, нам удалось решить эту задачу».

История компании «Нанотех-Дубна» начинается в 2006 году. Тогда при расположенном в Дубне НИИ прикладной акустики возник Центр высоких технологий. При его создании был проанализирован зарубежный опыт и выяснилось, что среди высокотехнологических отраслей, к которым имел отношение институт, больше всего инвестиций приходится на развитие высокопроизводительных вычислений, беспроводных сетей и наноконпозиционных материалов. Эти три лаборатории и создали в центре. Последней понадобилось производство наночастиц. Работа над ними и привела в конце концов к появлению технологии изготовления квантовых точек.

Развитию этого направления в немалой степени поспособствовало сотрудничество с Федеральной службой по техническому и экспортному контролю — этой организации нужны вещества, которые позволили бы надежно маркировать всевозможную специфическую продукцию, чтобы впоследствии можно было установить место ее происхождения. Квантовые точки как нельзя лучше подходят для этой цели: метка из них, фактически малозаметное пятно краски, имеет совершенно определенные спектральные характеристики, которые зависят от распределения квантовых точек по размеру. Эту метку можно прочитать специальным оборудованием, а подделать ее нельзя. «Маркировка квантовыми точками гораздо надежнее, чем органическими люминофорами, потому что они стабильнее и в меньшей степени подвергаются воздействию окружающей среды. Изготовление уникальных чернил для защиты документов от подделки или введение квантовых точек в банкноты — весьма перспективное направление», — поясняет М.С.Вакштейн.

Со временем стал появляться интерес и у коллег из других научных организаций. «К сожалению, из этого интереса трудно извлечь коммерческую выгоду. Размер партии, как правило, исчисляется миллиграммами — больше для постановки экспериментальной работы и не нужно. Если речь идет о каком-то промышленном образце, то для них наших мощностей не хватает. Интерес же есть. Например, японцы ведут с нами переговоры о сотрудничестве в создании дисплеев на квантовых точках, и это не единственное интересное предложение. Однако для такого рода работы понадобятся килограммы квантовых точек, причем их свойства не должны скакать от партии к партии, ведь они будут нужны для отработки деталей конструкции нового устройства. В маленьком реакторе этого добиться нельзя, нужно промышленное производство. Поэтому мы и решили создать в свободной экономической зоне Дубна с ее особым налоговым и таможенным статусом завод по изготовлению квантовых точек. Нашу идею поддержали и в Министерстве экономики и развития, и в госкорпорации «Роснано», — рассказывает М.С.Вакштейн. — Начинать производство мы будем с хорошо известных точек системы CdSe/ZnS. Однако у нас уже есть технология изготовления точек другого состава. Дело в том, что кадмий — ядовитый металл, и его использование не приветствуется странами с жесткими мерами по защите окружающей среды. Прежде всего, с таким товаром будет нелегко выходить на рынок Евросоюза. Заменой кадмиевым точкам могут стать точки из сульфида цинка и фосфида индия».

## Кадмий и гибкий дисплей

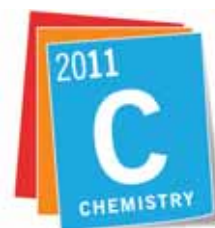
Возможность для такой замены связана со свойствами точек различного состава. Как уже было сказано, квантовые точки способны поглощать свет в достаточно широком диапазоне, а излучать в узком, определяемом размером частицы. Однако эта способность не безгранична: для каждого вещества есть своя область спектра, в которой возможно излучение.

CdSe занимает центральную часть видимого спектра — от красного до темно-зеленого. CdTe — от оранжевого до инфракрасного. Еще одно соединение кадмия — CdS — дает свечение от синего до ультрафиолета. Таким образом, соединения этого металла покрывают весь спектр, и, не будь он ядовитым, материаловеды могли бы больше ничего не искать. Заменить же кадмий непросто — альтернативные полупроводники, технология работы с которыми неплохо отлажена, могут занять либо синюю часть спектра: например, ZnS берет фиолетовую область, а ZnSe — от зеленой до ультрафиолета, либо красную: InP светит от инфракрасного почти до оранжевого, а PbS от ярко-красного до инфракрасного (напомним, свинец не менее ядовит, чем кадмий). Получается, что желтый цвет может давать только селенид кадмия.

Впрочем, для получения цветного изображения достаточно триады «красный-зеленый-синий», а этот набор альтернативные точки вроде дают. Значит, для изготовления гибкого плоского дисплея в виде прозрачной пленки из полимера с квантовыми точками, на которую нанесена микросхема из полимерных же полупроводников, бескадмиевое решение вполне возможно. Считается, что именно квантовые точки позволят создать такой материал, который преобразит не только компьютерную технику, но и производство газет, журналов, книг, упаковки, рекламной продукции и даже одежды. Очевидно, что в случае успеха даже сотнями килограммов точек в этом случае не обойтись. И все они довольно быстро окажутся на свалке. Так что проблема ядовитости кадмия реально.

## Польза от квантовых точек

Дисплеи и вообще источники разноцветного света на квантовых точках — отнюдь не единственное и даже не главное на сегодня их применение. Самое известное — использова-



## ГОД ХИМИИ

ние отдельных квантовых точек в биохимии: точки, которые светят гораздо лучше любого флуоресцентного красителя, пришивают к тем или иным молекулам и следят за их передвижениями в организме, о чем «Химия и жизнь» регулярно рассказывает в рубрике «В зарубежных лабораториях». На основе квантовых точек создают микрочипы, в которых по свечению квантовой точки, пришитой к антигену, можно судить о наличии или отсутствии в пробе соответствующего антигена. Эти работы уже вошли в исследовательскую практику научных лабораторий и, видимо, скоро окажутся в арсенале диагностических лабораторий.

Более обширное применение сулит использование точек в фотодинамической терапии. При нынешней процедуре больной принимает препарат, способствующий поглощению света тканями его организма, после чего лазером облучают большую ткань, выжигая в ней опухоль. Затем пациент несколько месяцев не может появиться на улице, чтобы не получить ожог. Квантовые точки, пришитые к антигенам против раковых клеток, позволяют лучше сконцентрировать светочувствительный препарат в больной ткани. Правда, сейчас основные усилия сосредоточены на применении не полупроводниковых, а металлических — золотых, — наночастиц и возбуждении их не светом, а микроволновым излучением. Впрочем, и в этой модификации метод за пределы лабораторий еще не вышел.

Согласно прогнозу экономистов, инструменты для биологии и медицины по своей перспективности и грядущему объему рынка квантовых точек лишь немногим уступают новым устройствам памяти и превосходят солнечные батареи. В последних квантовые точки позволяют лучше использовать весь солнечный спектр, прежде всего высокоэнергичные ультрафиолетовые лучи: поймав такой фотон, точка испустит фотон с большей длиной волны, то есть сдвинет его в область видимого света, более приемлемого для фотопреобразователей. В простейшем виде такой усилитель света представляет собой прозрачную пленку, которую наклеивают на поверхность кремниевой солнечной батареи. Однако возможны и более хитрые устройства. Например, точки можно ввести в состав полимера, образующего гибкую солнечную батарею вроде той, что разрабатывают в Черноголовке (см. «Химию и жизнь», 2008, № 8). Преобразовывая ультрафиолет в видимый свет, точки не только повысят выход электроэнергии, но и защитят пластик от вредного воздействия фотонов высокой энергии. Другая хитрость связана с кремниевыми батареями. Дело в том, что если квантовые точки добавить в оргстекло и сделать из него толстую пластину, то получится световод: точки будут собирать свет по всей поверхности пластины и излучать его — с торцов. Тогда резко уменьшатся размеры кремниевого фотопреобразователя и соответственно снизится расход этого дефицитного материала.

Все эти приложения можно будет опробовать, когда дубнинский завод квантовых точек заработает в полную силу.



## ГЕНЕРАТОР ДЛЯ НАНОПРИБОРА

Создан генератор, способный черпать энергию для питания наноустройств из внешней среды.

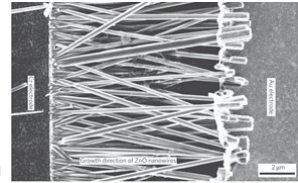
«Nature Nanotechnology»,  
28 марта 2010,  
doi:10.1038/  
nnano.2010.46

## В зарубежных лабораториях

Работа группы профессора Чжун Линьвана из Технологического университета Джорджии по созданию генераторов электричества на основе наностержней диоксида цинка привела к очередному успеху: новые генераторы сумели обеспечить питание датчики кислотности раствора и ультрафиолетового облучения.

Напомним, что диоксид цинка — пьезоэлектрик, то есть его кристаллы способны вырабатывать электричество при деформации. По улучшенной методике щетку из таких кристаллов выращивают химическим методом на покрытой золотом подложке. Затем ее заливают метилметакрилатом и стравливают верхнюю часть плазмой. В результате генератор оказывается защищенным от окружающей среды, а все щетинки получаются равной длины. Сверху на получившуюся пластинку прикрепляют слой кремния с платиновым покрытием. Такой генератор из 20 тысяч щетинок при амплитуде колебаний деформации 2% в секунду дает разность потенциалов 1,2 В. Созданный аналогичным способом генератор из 700 горизонтально расположенных волокон диоксида цинка дал пиковую разность потенциалов 1,26 В при деформации всего 0,19%.

Один кубический сантиметр генератора из трех слоев щеток диоксида цинка обеспечивает мощность 2,7 мВт. Для сравнения: наручным часам требуется 1–10 мкВт, то есть почти в тысячу раз меньше. Неудивительно, что со столь мощным генератором авторам работы удалось создать микроскопические датчики кислотности раствора и ультрафиолетового излучения: в обоих случаях фиксируются изменения в разности потенциалов генератора в зависимости от внешних условий. Поскольку методика выращивания проста, профессор Чжун надеется на скорый переход к практическому использованию полученных результатов. А источником деформации для генератора могут служить и приливы, и звуковые волны, и механические колебания вроде трепетания флага на ветру, и давление стопы на подошву ботинка, и движение элементов одежды.



## СТРЕПТОКОКК ЛЕЧИТ ОТИТ

С помощью бактерий шведы учатся лечить воспаление среднего уха.

Susann Skovbjerg,  
susann.skovbjerg@  
vgregion.se

## В зарубежных лабораториях

В эксперименте, который поставила аспирантка Сусанна Сковбьерг, защитившая диссертацию в Гётеборгском университете 4 марта 2010 года, участвовало 60 детей с воспалением среднего уха. При этой болезни в ухе скапливается жидкость, что вызывает боль и может привести к потере слуха. Болезнь часто проходит при приеме антибиотиков, порой — сама собой, но иногда приходится делать прокол, чтобы удалить жидкость. Например, в Швеции ежегодно такой операции подвергаются 10 тысяч детей.

Сусанна Сковбьерг предложила применить необычный метод, а именно впрыснуть через нос препарат бактерий стрептококков, которые живут во рту каждого из нас. В течение десяти дней трети детей впрыскивали этот препарат, трети — препарат с лактобактериями, а оставшимся — чистую воду в качестве контроля. В первой группе семь человек почувствовали себе гораздо лучше или совсем излечились, а в контроле — только один. Лактобактерии никак не проявили себя. В чем причина действия препарата — непонятно. «Наверное, стрептококки стимулируют иммунную систему, и она подавляет хроническое воспаление в ухе», — предполагает Сусанна Сковбьерг.



## РЕШЕНИЕ, ПРИНЯТОЕ В ПОЛЬЗУ ТОЧНОСТИ...

### ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ



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 ВЫРУЖЕННЫХ, 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

ЗАО «КАТАКОН»  
Институт катализа им.Г.К.Борескова СО РАН

Россия, г. Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева, 5  
тел/факс: +7 (383) 326 9495, e-mail: catacon@ngs.ru



## ОПУХОЛЬ МАСКИРУЕТСЯ

Чтобы спастись от иммунной системы, опухоль берет на себя роль учителя лимфоцитов.

«Science Express»,  
25 марта 2010,  
doi: 10.1126/  
science.1185837

## ПОЛИФЕНОЛЫ ПЕРЕКЛЮЧАЮТ ГЕНЫ

Полифенолы оливкового масла влияют на экспрессию генов, которые связаны с воспалениями.

«BMC Genomics», 2010,  
11:253

## КЛЕЙКАЯ ПАУТИНА

Паутина ручейника позволит создать скотч для хирургов.

«Biomacromolecules»,  
2010, т. 11, № 4

## МОЛОКО ОТ РАКА

Найден компонент человеческого молока, убивающий раковые клетки.

«PlosOne»,  
23 февраля 2010,  
journal.pone.0009384

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

Чтобы развалить дело, надо его возглавить — гласит один из законов работы агентов влияния. Оказывается, этим законом пользуется и раковая опухоль, причем ведет она себя отнюдь не как случайное собрание клеток, а уподобляется живому существу.

Онкологи считают, что раковые клетки постоянно возникают в организме каждого человека, но иммунная система их вовремя распознает и уничтожает. Чтобы она умела это делать, новорожденные Т-лимфоциты проходят курс обучения у дендритных клеток, которые расположены в лимфатических узлах. Как установлено в исследовании, проведенном под руководством профессора Мелоди Шварц из Лозаннской федеральной политехнической школы (Швейцария), именно таким учителем и прикидываются некоторые опухоли. Для этого они вырабатывают белок, который трансформирует внешние слои опухоли в ткань, подобную ткани лимфатического узла. Лимфоциты, чувствуя знакомый сигнал, приближаются к такой ткани, проходят курс обучения и в дальнейшем уже не предъявляют претензий к опухоли, поскольку считают ее вполне добропорядочным органом. А злокачественное образование, внесшее столь радикальные изменения в систему обучения спецслужб организма, получает возможность безнаказанно творить свое черное дело.

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

Обитатели берегов Средиземного моря не устают нахваливать свою диету, богатую рыбой, овощами и оливковым маслом. А ученые из тех мест так же неустанно коллекционируют научные доказательства ее полезности. В недавнем исследовании биохимики Кордовского университета во главе с Франсиско Пересом-Хименесом сосредоточились на оливковом масле. Известно, что, если его отжимать из спелых оливок при небольшом давлении, оно содержит много полифенолов.

Участников эксперимента, страдающих так называемым метаболическим синдромом, способным приводить к сердечно-сосудистым заболеваниям и диабету второго типа, попросили в течение шести недель воздержаться от приема лекарств и витаминов, а затем стали угощать завтраком, который заправили маслом, богатым полифенолами. Контрольная группа получала тот же завтрак, но с маслом без полифенолов. При этом у добровольцев измеряли экспрессию различных генов (то есть выработку белков, которые эти гены кодируют). Как оказалось, опыт отличался от контроля по активности 98 генов. «Поскольку некоторые из них участвуют в формировании воспалительной реакции, получается, что полифенолы способны менять активность клеток иммунной системы, и в результате воспаление при метаболическом синдроме оказывается менее выраженным, — говорит руководитель работы. — Так мы выявили суть влияния оливкового масла марки «extra virgin» на здоровье человека. Теперь хорошо бы посмотреть, действует ли это какой-то конкретный полифенол, или это опосредованный эффект всех полифенолов».

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

«Вы пробовали склеить что-нибудь мокрое? А вот личинка ручейника проделывает этот трюк уже сотню миллионов лет, склеивая в монолитный домик камешки, листики и веточки. Вот бы нам так», — рассуждал Рассел Стюарт, доцент университета Юты, принимаясь за работу по гранту Национального научного фонда (США). Стремясь разгадать тайну ручейника, он в болотных сапогах исходил окрестные ручьи и пруды, выловил множество личинок различных представителей семейства *Trichoptera*, после чего стал внимательно рассматривать домики, в которые ручейники прячут от врагов свою брюшко, оставляя снаружи четыре лапки и голову с угрожающими жвалами.

Оказалось, что домики построены из паутины, склеившей подручный строительный материал как органического, так и неорганического происхождения. Эта паутина состоит из волокон белка фибрина, пятую часть его составляют остатки аминокислоты серина, причем к ним добавлены фосфатные группы. Их электрический заряд отрицателен, тогда как другие аминокислоты в составе белка заряжены положительно. Благодаря этим зарядам отдельные волокна растворимого в воде белка собираются в нерастворимые ленты паутины: отрицательный заряд сцепляется с положительным подобно зубцам застежки-«молнии». Ну а оставшиеся на поверхности нескомпенсированные заряды находят себе пару на поверхности камешка или веточки. И никакая вода не мешает этому прочному электрическому соединению. Стюарт надеется, что в недалеком будущем ему удастся на основе шелковой нити ручейника создать хирургические повязки, которые прилипнут даже к мокрым краям раны.



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

В 1995 году группа ученых из Швеции, исследуя бактерицидные свойства человеческого молока, случайно обнаружила, что один из его компонентов убивает раковые клетки. Более того, как оказалось, он убивает любые трансформированные, эмбриональные и лимфоидные клетки, однако нормальные взрослые клетки не трогает. Эту статью за деньги, то есть на правах рекламы, опубликовал журнал клетки «Proceedings of the National Academy of Science», в томе 92. Как показали дальнейшие исследования, шведам действительно удалось обнаружить нечто интересное: этот компонент, а он представляет собой комплекс человеческого альфа-лактальбумина и олеиновой кислоты, исправно убивал раковые клетки не только в культуре. Например, у пациентов с раком мочевого пузыря после приема этого комплекса в моче появлялось много мертвых клеток опухоли. Хорошо проявил себя комплекс и при лечении рака кожи. За все эти подвиги его назвали HAMLET (Human Alpha-lactalbumin Made LEthal to Tumour cells, то есть человеческий альфа-лактальбумин, ставший летальным для раковых клеток).

До недавнего времени ученые не очень понимали, как HAMLET убивает раковые клетки и как он вообще образуется. Предполагается, что комплекс из белка и кислоты возникает самопроизвольно в желудке новорожденного. А вот механизм прояснился благодаря свежее опубликованной статье группы ученых из Швеции и Норвегии, первым автором которой значится Анна-Кристина Моссберг из Лундского университета.

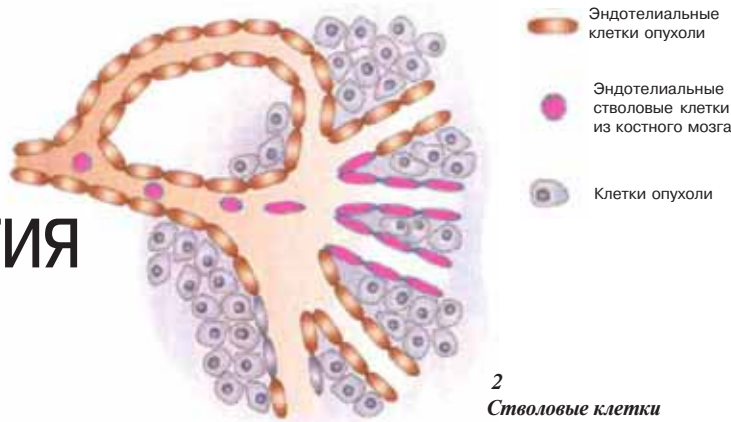
Они снабдили белок красной флуоресцентной меткой и определили, что тот связывается с липидной мембраной раковой клетки. После этого начинается разрушение мембраны, и клетка совершает самоубийство.



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

# Возрастные карциномы: парадоксы развития

Доктор биологических наук  
**П.М.Шварцбурд,**  
Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН



2  
**Стволовые клетки поддерживают рост опухоли**

Рак относится к возрастным болезням. Когда пожилые люди заболевают раком, то в 90% случаев это карцинома — злокачественная опухоль эпителиальных тканей. Остается открытым вопрос, почему столь высока вероятность возрастного развития именно карцином, тогда как частота возникновения опухолей соединительно-опорной ткани (сарком) от возраста практически не зависит. При этом соединительно-опорная ткань у человека по своей массе превышает эпителиальную почти в пять раз, но карциномы встречаются в 50 раз чаще, чем саркомы. Этот факт можно объяснить тем, что развитие рака провоцирует патологическая форма защитной воспалительной реакции, а у пожилых людей такая реакция чаще всего возникает именно в эпителии, который первым принимает на себя удар разнообразных канцерогенов, повреждающих факторов и инфекций.

## Строение и функции эпителия

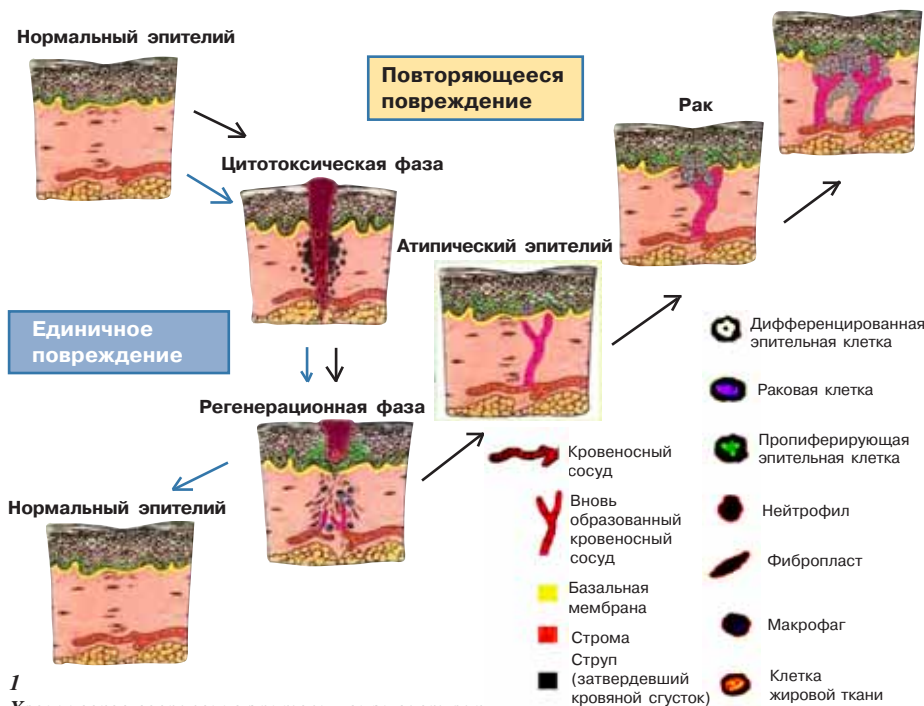
Эпителий — это общее название для тканей, расположенных на поверхности тела, слизистых оболочках внутренних органов и вторичных полостей тела. Ос-

новная функция эпителия — защитная. Он отделяет организм и его органы от окружающей среды и участвует в обмене веществ между ними. (Например, через эпителий кишечника в кровь всасываются питательные вещества.) Есть еще железистый эпителий, образующий

многие железы — молочную, поджелудочную и другие. Во всех эпителиальных тканях постоянно идет замена отмирающих клеток на новые (рециклинг), что принципиально отличает эпителий от соединительно-опорных тканей, в которых замещение клеток происходит только в ответ на повреждения. Самообновление происходит благодаря делению эпителиальных стволовых клеток (ЭСК) или их ближайших потомков, находящихся в основании эпителия. По мере созревания они перемещаются в верхние слои эпителия, определяя его тканевую специфичность.

От подлежащей соединительной ткани (стромы) и кровеносных сосудов эпителиальные клетки отделяет базальная мембрана, через которую происходит диффузия кислорода и питательных веществ. Именно базальная мембрана представляет собой окружение, или «нишу», в которой пребывают эпителиальные стволовые клетки.

Если эпителий поврежден, ЭСК принимают участие в его восстановлении. В этом случае к ним на помощь прибывают стволовые клетки, циркулирующие по кровеносным сосудам (они образуются в костном мозге и поступают в кровь в ответ на «сигналы повреждения»). Они же активно участвуют в починке капилляров эпителия, а также стимулируют рост новых кровеносных сосудов.



1  
**Хроническое воспаление эпителия вызывает рак**

## Воспаление острое и хроническое

При локальных повреждениях эпителия всегда развивается воспалительная реакция. Она состоит из трех основных стадий (см. рисунок 1). На первой стадии, острой, или цитотоксической, происходит уничтожение источника инфекции и погибших клеток. После этого начинаются рост новых кровеносных сосудов и деление недифференцированных

клеток, заполняющих дефект ткани. Это восстановительная стадия воспаления. Затем, когда кровоснабжение налажено, а уничтожение «лишней» органики завершено, новые клетки дифференцируются и ткань полностью восстанавливает структуру и функцию эпителия. Своевременное «включение» и «выключение» острой и восстановительной стадий воспаления строго контролирует сложная система обратных связей.

Но способность эпителия к восстановлению поврежденных с возрастом снижается, и уничтожение бактерий в инфицированных тканях идет не так эффективно, а потому медленно. При этом восстановление сосудов не успевает компенсировать метаболические потребности регенерирующего эпителия. Так формируется очаг хронического повреждения с характерными признаками гипоксии и внеклеточного протеолиза (расщепления белков погибших клеток и внеклеточного матрикса). Если такое состояние затянется надолго, то возникнет хроническое локальное воспаление — незаживающая рана. Развитие хронического воспаления зависит от величины исходного повреждения, а также от устойчивости эпителия к повреждениям и особенностей метаболизма.

С возрастом клетки эпителия становятся более чувствительными к окислительному стрессу, при этом возрастает фоновая активность ферментов гликолиза, внеклеточного протеолиза и некоторых гем-регулируемых ферментов, оказывающих иммуносупрессивное действие. Именно эти изменения фонового метаболизма ослабляют острую стадию воспаления и способствуют выживанию инфекционных клеток в поврежденном участке. Такое микроокружение также стимулирует деление недифференцированных клеток, но не их созревание. Из-за нехватки специализированных клеток эпителий не может должным образом выполнять защитную и секреторную функции и с высокой вероятностью получает повторные повреждения, которые дополнительно поддерживают хронический воспалительный процесс.

Хроническое воспаление провоцирует не только повторные повреждения эпителия, но и развитие рака. По наблюдениям исследователей и клиницистов, злокачественные опухоли развиваются преимущественно в зонах хронического воспаления. В качестве примеров можно привести данные о причинно-следственной взаимосвязи между: 1) курением табака, которое вызывает хронические воспалительные изменения в легких, и развитием карциномы легких; 2) бактериальной инфек-

цией *Helicobacter pylori*, поддерживающей хронические воспалительные изменения в желудке, и развитием аденокарциномы желудка; 3) хроническим колитом и аденокарциномой, развивающейся в зонах хронического воспаления толстой кишки; 4) хроническим воспалением, вызванным рядом генитальных инфекций, и карциномой яичника. В этой связи возникает вопрос: может ли один и тот же комплекс метаболических изменений вызывать и хроническое воспаление, и рак? И если может, то каким образом?

### **Стволовые клетки и возрастной опухолевый парадокс**

Мы уже говорили, что большинство тканей взрослого организма содержат в качестве регенерационного резерва полипотентные стволовые клетки, которые хранятся в специальном тканевом микроокружении — нише. Выход клеток из этой ниши строго ограничен благодаря асимметричному делению, в результате которого одна из дочерних клеток воспроизводит исходную и остается на месте, а вторая эту нишу покидает и продолжает деление. Благодаря такому порядку организм сохраняет резерв тканевых стволовых клеток в течение всей жизни. Однако при воспалении ограничения снимаются: ЭСК и их потомки устремляются к поврежденному месту, где делятся и образуют большое количество недифференцированных клеток. В этом делении участвуют и стволовые клетки из костного мозга, циркулирующие в крови.

Что привлекает их к месту воспаления? Прежде всего это белок, называемый фактором стромальных клеток (SDF). Клетки стромы поврежденных тканей, фибробласты, в больших количествах выделяют SDF при травмах и гипоксии. Когда локальное кровоснабжение в поврежденном месте восстановлено, синтез SDF прекращается и стволовые клетки больше туда не стремятся. Если же регенерацию не удается завершить быстро и воспаление становится хроническим, строма по-прежнему выделяет SDF и стволовые клетки поступают в зону воспаления, где их размножение никто не ограничивает. Бурное разрастание недифференцированной клеточной массы называется предраковой гиперплазией. Этот эффект часто наблюдается в зонах хронического воспаления.

Более того, длительное пребывание в зоне хронического воспаления «провоцирует» нормальные стволовые клетки к превращению в раковые. Да, у опухолей тоже есть свои стволовые клет-



## **ГИПОТЕЗЫ**

ки, которые при трансплантации новому хозяину дают начало полноценной опухоли. У стволовых клеток, нормальных и раковых, есть много общего. Они способны к самообновлению, и их поведение контролируется нишей или микроокружением. Они очень устойчивы к повреждающему действию разных лекарств, благодаря чему выживают в неблагоприятных условиях (а раковые клетки — при лечении). После того как практически вся опухоль погибнет в результате стандартной химиотерапии или радиационного облучения, стволовые клетки ее восстановят. И наконец, стволовые клетки тяготеют к зонам повреждения. Они покидают свои ниши и по кровотоку устремляются к больному месту (рис.2), поддерживая рост опухоли.

С возрастом многие фибробласты, подстилающие эпителий, необратимо утрачивают способность к делению, зато начинают активно выделять ферменты, разрушающие внеклеточный матрикс, и факторы роста сосудов и клеток, которые усиливают преимущественно деление опухолевых (но не нормальных) клеток. Такую секреторную активность ученые обнаружили в фибробластах, которые присутствуют в эпителиальных опухолях и ранах. Иными словами, условия в зоне хронического воспаления напоминают условия в нише раковых стволовых клеток.

### **Роль ниши в судьбе стволовой клетки**

Судьба стволовой клетки зависит от условий, в которых она находится. «Влияние улицы», так сказать. Например, раковые стволовые клетки меланомы, пересаженные в эмбриональное микроокружение, теряют свою злокачественность и прекращают рост. Но возможна и обратная ситуация: нормальные стволовые клетки, попадая в хроническое воспалительное микроокружение, чаще превращаются в раковые и вызывают рост опухоли. Перепрограммирование поведения СК и их потомков в условиях хронического воспалительного микроокружения может играть существенную

роль в развитии новообразований, чем и можно объяснить частое возникновение возрастных карцином.

Эти данные позволяют лучше понять, почему широко пропагандируемые методы лечения различных возрастных заболеваний с помощью внутривенных инъекций суспензии стволовых клеток могут оказаться небезопасными с позиций онкологии. Такому риску в первую очередь подвержены пожилые пациенты, которые помимо основного заболевания (сердечно-сосудистых, диабета и других) нередко страдают от перманентных инфекций или других хронических недугов. Наличие подобных рисков требует детального изучения системы показаний и противопоказаний, тестирование которых должно предшествовать применению стволовых клеток в клинической практике.

## Практические следствия

Еще несколько слов о том, как надо и не надо лечить рак. При хронических инфекциях, воспалении и онкологических заболеваниях небезопасно применять препараты, препятствующие развитию кровеносных сосудов, — они способствуют гипоксии, которую так любят стволовые клетки опухоли. Напротив, надо стараться как можно скорее восстановить кровоснабжение в поврежденном месте.

Полное излечение раковых больных, по-видимому, возможно только при уничтожении или дифференцировке всех стволовых раковых клеток, а также при ликвидации зон хронического воспаления, которые притягивают стволовые клетки и в которых повышен риск развития опухоли. В настоящее время исследователи активно ведут поиск селективных ингибиторов стволовых раковых клеток. В частности, еще в 2002 году исследователи Крэг Джордан и Моника Гузман из Рочестерского университета (США) выделили из мексиканского растения гваюлы вещество, которое побуждает стволовые клетки острого миелолейкоза к апоптозу, но не оказывает никакого отрицательного влияния на нормальные стволовые клетки. (Гваюла — небольшой кустарник-каучуконос семейства астровых.)

В августе 2009 года американские ученые под руководством профессора Роберта Вайнберга опубликовали в журнале «Cell» статью о том, что антибиотик салиномицин уничтожал стволовые клетки в опухоли молочной железы в сто раз эффективнее, чем известный противоопухолевый препарат паклитаксел. Применение салиномицина в эксперименте на больных раком мышах привело к замедлению роста первичной опухоли, резкому снижению метастазирования и стимуляции процессов дифференцировки опухолевых клеток. (Салиномицин — селективный пере-

носчик ионов калия, синтезируемый бактериями *Streptomyces albus*.)

В ноябре 2009 журнал «Cancer Reseach» опубликовал результаты исследований, выполненных в Гарвардской медицинской школе под руководством Кевина Страла. Ученые установили, что стандартный противодиабетический препарат метформин в низких дозах селективно уничтожает стволовые клетки опухоли рака груди, а в комбинации с противоопухолевым лекарством доксирубицином приводил к длительной ремиссии. Мыши, на которых испытывали новый метод комплексного лечения, оставались здоровыми в течение по крайней мере двух месяцев.

Другой подход предложила большая группа американских исследователей под руководством Джереми Рича. На поверхности стволовых клеток глиобластомы присутствует характерный только для них белок — рецептор интерлейкина-6. Воздействуя на эти рецепторы антителами и короткими РНК, ученым удалось стимулировать апоптоз стволовых клеток глиобластомы.

Недавно американская компания «Northwest Biotherapeutic» (NWBT) сообщила о доклинических испытаниях нового моноклонального антитела к SDF-рецептору. (Этот рецептор реагирует на фактор стромальных клеток, «притягивающий» стволовые клетки к месту повреждения.) Важно отметить, что гиперэкспрессия этого рецептора обна-



**Уолтер Гратцер**  
Эврики и эйфории:  
Об ученых  
и их открытиях  
М.: Колибри, 2010



**З**нания всегда давались человечеству нелегко. В истории науки было все — драматические, а порой и трагические эпизоды соседствуют в ней со смешным и забавным. Да и среди ученых мы видим самые разные характеры. Добрые и злые, коварные и бескорыстные, завистливые и честлюбивые, гении и талантливые дилетанты, все они внесли свой вклад в познание мира, в котором мы живем. Уолтер Гратцер рас-

## Московский Дом Книги СЕТЬ МАГАЗИНОВ

сказывает о великих открытиях и людях науки честно и объективно. В то же время он очень любит своих героев и пишет о них с большой симпатией. В этих небольших историях много юмора и знания человеческой природы, а потому они интересны всем — и людям, далеким от науки, и тем, кто связал с ней свою жизнь.

**Владимир Воротынец**  
Наночастицы в  
двухфазных системах  
М.: Известия, 2010



**В** монографии впервые обобщены результаты исследований по распределению наноразмерных частиц в двухфазных системах. Приводятся подроб-

ные описания методик экспериментальных исследований. Теоретические модели и результаты расчетов, приведенные в монографии, показывают, как именно можно описать процесс распределения наночастиц по фазам. Изучение этого процесса позволит сформулировать новые теоретические подходы к описанию перехода систем от молекулярных к надмолекулярным размерам и определить принцип перехода количества в качество в теории растворов и фазовых переходов. Для химиков-технологов откроются новые особенности технологических процессов, в которых участвуют наноразмерные частицы. В монографии рассказывается о новом методе разделения — термодистилляции и показаны его возможности. Книга будет полезна специалистам различного профиля, работающим в области физической химии и химической технологии, а также студентам вузов.

руживается более чем в 75% опухолей различного типа, с низкой выживаемостью больных. С помощью антител к SDF-рецепторам ученые заблокировали как миграцию стволовых и прогениторных клеток к опухоли, так и опухолевых клеток при метастазировании. Исследования проводили на моделях различных злокачественных опухолей. Результаты подтвердили, в частности, на опухоли молочной железы, что количество метастазов в легких уменьшилось на 75%. Размер первичной опухоли молочной железы снизился на 60%, что сопровождалось также и заметным увеличением продолжительности жизни.

Свойство стволовых клеток и клеток предшественников устремляться к зонам гипоксии и опухоли не только таит опасность, но и служит основанием для разработки нового метода диагностики и лечения рака. Метод основан на том, что в кровь пациента вводят изолированные стволовые или прогениторные клетки, предварительно генетически модифицированные. Например, они могут быть носителями различных цитотоксических агентов. Этот метод уже испытан на животных: 1) с опухолями мозга и метастазами меланомы; 2) с раком молочной железы и метастазами в легком. Во всех случаях обнаруживалось подавление опухолевого роста, особенно в опухолях с плохим кровоснабжением. Метод оказался наиболее эффективным при лечении гипоксических метастазов в легком. Деструкции метастазов добились с помощью трансгенных эндотелиальных клеток-предшественников, носителей гена цитозиндезаминазы, катализирующей превращение предварительно введенного в кровь 5-фторцитозина в цитотоксическое соединение 5-фторурацил. Трансгенные клетки накапливаются преимущественно в гипоксических зонах метастаза, что сопровождается локальным повышением концентрации токсичного 5-фторурацила именно в этих зонах, чрезвычайно эффективным уничтожением опухолевых клеток и 90% выживаемостью мышей с карциномой Льюиса. Эти факты подтверждают предположение, что зоны гипоксии при хроническом воспалении и опухолевом росте могут работать как селективные «ловушки» для циркулирующих клеток-предшественников, повышая риск развития возрастных карцином. С этой точки зрения, широко пропагандируемый тезис «использование стволовых клеток может стать революцией в борьбе со старением и его болезнями» представляет собой лишь попытку выдать желаемое за действительное.

## Злокачественную опухоль надо не уничтожать, а ограничивать



ГИПОТЕЗЫ

**В** то время как одни исследователи изыскивают новые способы и средства уничтожения раковых клеток, другие утверждают, что делать этого вовсе не нужно. Такого мнения придерживается, в частности, американский исследователь Роберт Гатенби — он убежден, что опухоль следует не уничтожать, а разумно ограничивать в размерах.

Отстаивая эту точку зрения, Гатенби ссылается на длительный опыт борьбы с вредителями. Чем их только люди не травил, окружающую среду загрязнили, а добились того, что многие вредные виды выработали устойчивость ко всем токсинам, и уничтожить их теперь — большая проблема. Тогда борцы с вредителями сменили тактику и направили усилия на контроль численности вредных видов, напуская на них хищников и возбудителей болезней. Как показала практика, такой подход оказался более эффективным.

У вредителей и раковых клеток есть нечто общее. И те и другие размножаются, расширяют ареал и эволюционируют, приобретая устойчивость к токсичным веществам. Увы, полное и окончательное уничтожение опухолей — большая редкость. Чего только не перепробовали медики за последние 50 лет, но как вредители приспособляются к любой отраве, так и раковые клетки почти всегда выживают после любой химиотерапии. По данным Р. Гатенби, с помощью достаточно агрессивного лечения удается победить только болезнь Ходжкина, рак семенников и острый миелоидный лейкоз, и то благодаря тому, что клетки этих опухолей генетически довольно однородны, поэтому их способность к приобретению лекарственной устойчивости ограничена.

Один кубический сантиметр опухоли содержит примерно миллиард клеток и весит один грамм. Следовательно, в десятиграммовой опухоли клеток больше, чем людей на Земле. Они генетически неоднородны, есть среди них и клетки, обладающие устойчивостью к лекарственным препаратам. Они более эффективно восстанавливают повреждения или используют другой метаболический путь вместо заблокированного лекарством. Эти возможности требуют энергии, которую клетки могли бы направить на деление

и перемещение. И чем устойчивее раковые клетки, тем дороже они платят за свою устойчивость.

Поэтому в опухолях, которые еще не подвергались терапии, устойчивые клетки присутствуют в небольших количествах. Они менее жизнеспособны, и чувствительные к лекарствам клетки их просто «затирают». Устойчивые клетки способны противостоять давлению более агрессивных соседей, но преуспевать в таких условиях не могут.

Однако после агрессивной терапии, убивающей все чувствительные клетки, устойчивым уже ничто не мешает, и они начинают активно делиться. Химиотерапия расчищает им путь к успеху. Следовательно, усиливая, направленные на уничтожение опухоли, только увеличивают ее устойчивость к лечению и снижают шансы пациентов на выживание.

Обосновывая свою гипотезу, Гатенби ссылается на наблюдения, сделанные в других лабораториях на клеточных культурах. Так, в линиях раковых клеток, которые различаются только по чувствительности к ингибиторам тирозинкиназы (это препараты нового поколения для лечения хронического миелолейкоза), устойчивые популяции обычно растут медленнее, чем чувствительные. Клетки рака легких, устойчивые к гемцитабину, делятся медленнее, а также менее инвазивны и подвижны, чем чувствительные к лекарству.

Гатенби с коллегами разработали математическую и компьютерную модели развития опухоли. Согласно этим моделям, полное уничтожение опухоли невозможно. Предельно допустимые дозы химиопрепаратов лишь ускоряют экспансию устойчивой популяции раковых клеток. Выживание пациентов будет максимальным, если заменить стратегию полного уничтожения опухолей стратегией ограничения их объема. Модель предсказывает, что оптимальное лечение должно поддерживать определенный объем раковых клеток, чувствительных к лекарствам, которые, в свою очередь, мешают росту устойчивых популяций.

Эксперименты, поставленные на мышах, показали, что такая адаптивная терапия возможна и продлевает жизнь пациентам. Гатенби и его коллеги прививали мышам клетки человеческого рака яичников и лечили животных карбопла-



тином. Максимальная доза препарата вызвала быструю регрессию опухоли, но потом наступил рецидив болезни, убивший мышей. А если животные получали лекарство в такой дозе, которая не позволяла опухоли разрастаться, то есть поддерживала ее постоянный объем, мыши, хоть и не поправились, продолжали жить, когда животные из первой группы уже погибли.

Гатенби отдает себе отчет в том, что идею уничтожения не максимально воз-

можного, а минимально необходимого количества раковых клеток с трудом примут и врачи, и пациенты. Осознает он и трудности, связанные с адаптивным лечением. Чтобы научиться регулировать объем опухоли, понадобятся специальные исследования. Кроме того, больным придется постоянно принимать токсичные лекарства, которые будут накапливаться в организме. Однако ученый надеется, что это преодолимые трудности. По его мнению, контролировать

объем опухоли может иммунная система пациента. Например, Т-лимфоциты, подобно хищникам, могли бы подъяедать раковые клетки, выбирая жертвы среди клеток с пониженной адаптацией (именно они устойчивы к лекарствам). Только надо их как-то натаскать на раковые клетки, которые умеют быть незаметными для иммунной системы.

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

## Комментарий специалиста

Исследование Р. Гатенби не содержит никаких революционных сведений. Совершенно не требует доказательств тот факт, что в подавляющем большинстве клинически значимых случаев с помощью лекарств и радиотерапии удается достичь лишь замедления роста опухоли, стабилизации процесса или его частичной ремиссии, полнота и длительность которой зависит от гистологического типа, расположения, стадии развития и степени распространенности опухоли, а также от других факторов. В этой связи призыв автора не уничтожать опухоль полностью, а удерживать ее в определенном объеме является не целью, а грустной действительностью современной химиотерапии. Увы, недостаточно эффективной!

Суть опухолевой трансформации заключается в нарастающей генетической дефектности клеток по мере развития опухоли. Поэтому до тех пор, пока раковая клетка жива, вектор ее прогрессии всегда будет направлен «от плохого к худшему», до того момента, когда опухоль убьет организм, в котором обитает, а с ним — и саму себя. Поддержание опухоли в постоянном объеме не изменит направление этого вектора.

Вероятно, химиотерапия ускоряет развитие лекарственной устойчивости, однако устойчивость может возникать и без медикаментозного лечения, в результате генетических поломок в опухолевых клетках (см. «Химию и жизнь», 2009, № 3). Более того, еще 30 лет назад ученые многократно доказали экспериментально и клинически: «лечение» опухолей субтерапевтическими дозами лекарств — прямой путь к быстрому формированию лекарственной устойчивости.

Подбор подходящего препарата — очень сложное дело. Существует множество клинических протоколов эффективного лекарственного лечения различных опухолевых заболеваний. Из этих материалов известно, что, например, гидроксимочевина может оказаться полезной (но не обязательно окажется!) при лечении лейкозов, одна-

ко абсолютно неэффективна при лечении рака легкого. Поэтому для каждой конкретной опухоли определен список лекарств первой (основной) и второй (запасной) линий лечения, а также препараты выбора — к ним обращаются при отсутствии эффекта от первых двух типов. Всегда есть определенный процент больных, для которых отдельные лекарства из категории наиболее эффективных могут оказаться бесполезными (а значит, вредными). Так происходит, например, в том случае, когда в клетках отсутствует (или заменен на изоформу) фермент-объект действия препарата. Поэтому лекарство подбирают к конкретному куску опухоли от конкретного пациента. Так, в американской компании «Oncotech» (я посещал эту фирму три года назад и детально знакомился с их методиками) для каждого типа опухолей определен список в 6–12 наиболее эффективных лекарств, протестированных на хирургически удаленных образцах каждой конкретной опухоли. Если опухолевые клетки в культуре будут продолжать делиться при заведомо летальной для них или тормозящей рост концентрации препарата, то применять это лекарство нецелесообразно, как неэффективное для данной (но не другой того же происхождения) опухоли. Так можно прогнозировать резистентность опухоли, но обратная задача — прогнозирование чувствительности, к сожалению, практически не решается в лабораторной практике, хотя над ней бились много лет.

Ситуация с лечением опухолей постоянно меняется. Раньше меланому не удаляли, опасаясь вызвать метастазы. Сейчас удаляют, во многих случаях успешно. Возможно, направление лекарственной терапии опухолей изменится по мере исследования свойств «стволовых опухолевых клеток». Будучи низко дифференцированными и относительно медленно делящимися, они могут оказываться наименее уязвимыми для лечения и определять восстановление опухоли после заметных клеточных потерь.

Что касается мышей, которых Р. Гатенби лечил от привитой опухоли яичников, то, возможно, исследователи не вполне удач-

но выбрали экспериментальную модель. Высокодозная терапия, с успехом применяемая в клинике для лечения некоторых опухолей, в случае рака яичников оказалась неэффективной. Вот мнение заведующей отделением химиотерапии Онкоцентра профессора Веры Андреевны Горбуновой, высказанное в электронной публикации «Химиотерапия рака яичников» ([www.medlinks.ru/article.php?sid=1634](http://www.medlinks.ru/article.php?sid=1634)): «Различные стратегические возможности были испробованы с целью не допустить рецидива и удлинить полную ремиссию. К ним относились и внутрибрюшинное введение лекарств, и высокодозная химиотерапия с трансплантацией стволовых клеток и костного мозга, и продолжение поддерживающей химиотерапии стандартными курсами, и использование радиоактивных изотопов, и облучение всей брюшной полости и малого таза. Однако на сегодня ни один из этих методов отчетливо не повлиял на время до прогрессирования и на общую выживаемость больных, достигших клинической полной регрессии».

В экспериментальной химиотерапии, к которой относится лекарственное лечение мышей с привитой опухолью, существует только два прямых критерия эффективности: торможение роста опухоли, то есть ограничение ее объема, и увеличение продолжительности жизни. Никаких закономерных корреляций между этими эффектами не установлено: животные могут погибать с опухолью минимального размера и продолжать жить с такими узлами, которые мешают им передвигаться. По-видимому, значение имеет не размер опухоли, а ее клеточный состав и биохимические свойства.

В любом случае результаты, полученные Р. Гатенби, следует рассматривать как интересные экспериментальные данные, полезные для изучения общебиологических процессов опухолевого роста и прогрессии опухолей, но без каких-либо экстраполяций на методы лекарственного лечения в онкологии.

Доктор медицинских наук  
**Д.Ю.Блохин,**  
РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАМН

## Вулканы и самолеты

*Вулканический пепел действительно опасен для самолетов? Или авиакомпании перестраховываются? Как на этот вопрос отвечает наука?*

С.Корольков, Екатеринбург

Наука отвечает утвердительно – да, вулканический пепел, образующий облака в атмосфере, действительно опасен для самолетов. Основательно эту проблему начали исследовать после извержения вулкана Ридаут (Аляска, США) 15 декабря 1989 года. Тогда «Боинг-747», летевший из Амстердама с 289 пассажирами на борту, попал в облако пепла, в результате чего у него остановились все четыре двигателя. К счастью, при снижении самолета двигателя удалось запустить и посадить самолет. Расследование установило, что двигатели заглохли, потому что лопатки турбин облепили частицы пепла.

Российские ученые из Института вулканической геологии и геохимии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский) и Института геологии и геохронологии докембрия РАН (Санкт-Петербург) изучили образцы пеплов вулканов Камчатки, Северных Курил, Аляски и Алеутских островов. Оказалось, что мелкие частицы пепла (10–30 мкм) начинают слипаться при температурах на 500° градусов меньше, чем плавится вулканическое стекло, – при 670–800°С. Эта температура очень близка к температуре рабочей поверхности лопаток турбин в двигателях самолетов. Для «Ту-154» и «Ил-86» она составляет 650–700°С, а для «Боинга» — более 1000°С.

Облака тонкодисперсного вулканического пепла опасны тем, что поднимаются на большую высоту и очень похожи на обычные дождевые облака. Если самолет попал в такое облако, то риск катастрофы можно сильно уменьшить, если на то время, пока самолет находится в туче пепла, перевести двигатели в другой режим работы (например, убавить обороты), чтобы сильно понизить их температуру. При быстром охлаждении турбин налипшая на

них «рубашка» из спекшихся частиц может отвалиться. Именно так и случилось с «Боингом», двигатели которого удалось запустить после их охлаждения.

## Как найти серебряную руду?

*Как проверяли руду на серебро в Греции в XVIII веке? Руды серебра на Алтае открывали рудознатцы, в петровские времена приглашенные из Греции (был такой грек Лиевандиани). Но как они это делали 300 лет назад, когда шли по Сибири? Руды железа легко находили по бурым ржавым продуктам окисления, руды меди – по продуктам голубоватого цвета, золото вообще легко определяется по удельному весу и цвету, ковкости, серебро – по черным охрам. Но если продуктов окисления в минеральных массах не было – как же они определяли серебро? И применяли ли при этом свинец?*

Е.В.Владимирова, Омск

Судя по всему, в начале XVIII века в Греции, как и во всем мире, применяли древний способ определения серебра в горной породе, который был описан еще Плинием Старшим. Впрочем, неудивительно, что именно греки считались знатоками серебряных руд: на территории Греции располагались знаменитые Лаврийские рудники, где еще во времена античности шла интенсивная добыча серебра.

Отличить на глаз минерал, содержащий серебро, от «пустой» породы практически невозможно. Тут был важен опыт мастера-рудознатца, и, не в последнюю очередь, его удача и интуиция. В первую очередь они обращали внимание на минералы сфалерит, галенит, пирит. Будучи по своей химической природе сульфидами цинка, свинца, железа, они часто содержат в себе примеси серебра, золота, меди, кадмия. В геологии такие руды называются полиметаллическими. На поверхности они, как правило, образуют оксиды – ярко-красные глет и сурик, а так-

же фосфаты и карбонаты – например, серовато-белые церуссит и смитсонит.

Образцы «подозрительных» руд затем подвергали купелированию. Этот метод основан на том, что свинец и другие благородные металлы при высокой температуре легко окисляются кислородом воздуха, тогда как золото и серебро в реакцию не вступают. Образцы руд нагревали до температуры 800–850°С, при этом с помощью мехов интенсивно нагнетали воздух. Если свинца в руде было мало, то его добавляли. При таких условиях свинец образует оксид PbO, или свинцовый глет. Он энергично реагирует с благородными металлами, находящимися в сплаве, окисляет их адсорбируется стенками тигля. Благородные металлы, золото и серебро, не окисляются и остаются на поверхности в виде слитка – «королька». Таким методом возможно с достаточной чистотой отделить серебро от свинца и золота. И действительно, в серебре из рудников Греции, как и в серебре Забайкалья, и того и другого оставалось немало. Однако этого метода вполне достаточно, чтобы обнаружить в руде серебро.

Несмотря на то что процесс купелирования несложен, осуществить его в условиях тайги было трудно. Поэтому еще в конце XVII века экспедиции, посылаемые на поиск серебра, часто не определяли его на месте, а отправляли образцы в Нерчинск и далее в Москву. И уже в Москве, в Каменном приказе, тем же купелированием пытались выплавить серебро из пробы. Настоящих же химических лабораторий в то время было мало, анализ руды отнимал много труда и времени, поэтому занимались этим только за границей, например в Риге и Амстердаме.

Греческий мастер Лиевандиани, упомянутый в вопросе, судя по всему, не был первооткрывателем серебра в Забайкалье. По данным историка промышленности А.А.Кузина, нерчинская серебряная руда была открыта еще летом 1678 г. усилиями «боярских сыновей» Павла Шульгина и Василия Милованова, рудознатца Филиппа Свешникова, нерчинского кузнеца Козьмы Новгородцева, рудоплавильных мастеров Лаврентия Нейтора и Якова Галкина. В 1689 году государство решило построить на реке Аргунь серебряный рудоплавильный завод, были выделены деньги и люди, но строительство затянулось. И уже тогда, чтобы наладить производство, сюда направили Лиевандиани. В 1701 году он начал разработку месторождения на горе Култук, а в 1704 году во главе большой экспедиции работал на речке Серебрянке и Богдойских ямах. Так в начале XVIII века, благодаря труду многих сотен людей, Россия получила первые слитки драгоценного металла.

Р.Акасов



# Мифы нанотехнологий

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

Любой вид человеческой деятельности обрастает мифами. Нанотехнологии, главный научно-технологический проект современности, не исключение. Более того, здесь мифотворчество касается самой сути. Большинство людей, даже принадлежащих к научному сообществу, убеждены, что нанотехнологии — это в первую очередь манипулирование атомами и конструирование объектов посредством сборки из атомов. Это — главный миф.

Научные мифы имеют двоякую природу. Одни порождаются неполнотой нашего знания о природе или недостатком информации. Другие создаются сознательно, с определенной целью. В случае нанотехнологий мы имеем второй вариант. Благодаря этому мифу и вытекающим из него следствиям удалось привлечь внимание власть имущих и резко уско-



ритель запуск проекта «Нанотехнологии» с автокаталитическим ростом объема инвестиций. В сущности, это было небольшое шулерство, вполне допустимое правилами игры на высшем уровне. Миф сыграл свою благотворную роль инициатора процесса и был благополучно забыт, когда дело дошло собственно до технологий.

Но мифы обладают удивительным свойством: родившись, они начинают жить собственной жизнью, демонстрируя при этом поразительную живучесть и долголетие. Они настолько прочно укореняются в сознании людей, что влияют на восприятие действительности. Реальные нанотехнологические процессы, как зарубежные, так и проекты «Роснано», в корне противоречат мифу, что порождает сумятицу в головах (большинство людей до сих пор не понимает, что такое нанотехнологии), неприятие (это не настоящие нанотехнологии!) и даже отрицание нанотехнологий как таковых.

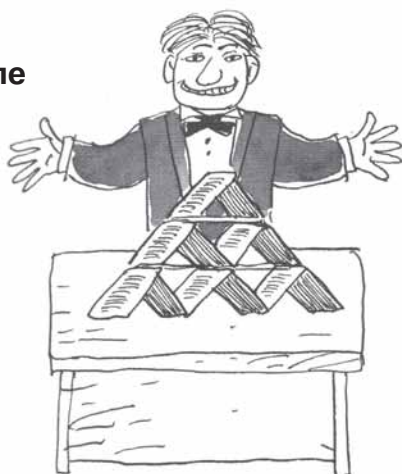
Помимо главного мифа история нанотехнологий являет нам несколько сопутствующих мифов, которые возбуждающе действуют на разные группы населения, порождая необоснованные надежды у одних и панический страх у других.

## Миф об отце-основателе

Самый безобидный в череде мифов – приписывание Ричарду Фейнману, специалисту в области квантовой теории поля и физики элементарных частиц, роли отца-основателя нанотехнологий. Этот миф возник в 1992 году во время выступления пророка нанотехнологий Эрика Дрекслера перед сенатской комиссией на слушаниях на тему «Новые технологии для устойчивого развития». Для продавливания придуманного им нанотехнологического проекта Дрекслер сослался на высказывание нобелевского лауреата по физике, забытый авторитет в глазах сенаторов.

К сожалению, Фейнман скончался в 1988 году и поэтому не мог ни подтвердить, ни опровергнуть это высказывание. Но если бы он мог его услышать, то, скорее всего, весело рассмеялся бы. Он был не только выдающимся физиком, но и знаменитым шутником, недаром его автобиографическая книга носила название: «Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!» Соответственно была воспринята та самая прославленная речь Фейнмана, которую он произнес на предновогоднем ужине Американского общества физики в Калифорнийском технологическом институте. По воспоминаниям одного из участников того собрания американского физика Пола Шликта: «Реакцию зала в общем и целом можно назвать веселой. Большинство подумало, что докладчик валяет дурака».

Но слова: «Известные нам принципы физики не запрещают создавать объекты «атом за атомом». Манипуляция атомами вполне реальна и не нарушает никаких законов природы», – были сказаны, это факт. Остальное представляло собой рассуждения на тему миниатюризации вкупе с футурологическими прогнозами. По прошествии четверти века некоторые из высказанных Фейнманом идей были «творчески» развиты Эриком Дрекслером и породили главные мифы нанотехнологий. Далее мы будем часто возвращаться к этой речи, чтобы напомнить, что на самом деле говорил Фейнман, а заодно получить удовольствие от четкости и образности формулировок великого ученого.



## Миф о безотходной технологии

Создавая объект атом за атомом, мы, очевидно, применяем безотходную технологию. Слово «очевидно» употреблено здесь в самом что ни есть пер-



возданном смысле — когда люди, в первую очередь чиновники, смотрят на картинки, изображающие процесс манипулирования атомами, они не видят никаких отходов, никаких дымящихся труб, загрязняющих атмосферу, и промышленных стоков, загрязняющих водоемы. По умолчанию понятно, что для перетаскивания почти невесомого атома на расстояние в несколько нанометров требуется ничтожное количество энергии. В общем, идеальная технология для «устойчивого развития» — концепции, чрезвычайно популярной в 90-е годы прошлого столетия.

Вопрос, откуда появляются атомы для сборки, почти неприличен. Естественно, со склада, откуда их, наверно, доставляют экологически чистые электрокары. Подавляющая часть населения вообще слабо представляет, откуда что берется. Например, материалы, из которых сделаны различные промышленные товары, которые мы потребляем во все большем количестве. Связь этих товаров с химической промышленностью не просматривается. Химия как наука скучна и не очень нужна, а химическая промышленность как безусловно вредная для окружающей среды подлежит закрытию.

Помимо всего прочего, химическая промышленность, по мнению большинства, хищнически расходует природные ресурсы, используя для своих процессов нефть, газ, руды, минералы. А для новой технологии, как представляют ее приверженцы, нужны лишь атомы: вот в этом отсеке склада у нас хранятся атомы золота, в следующем — атомы железа, потом атомы натрия, атомы хлора, в общем, вся Периодическая система Менделеева. Вынуждены разочаровать авторов этой идиллической картины: атомы сами по себе, за исключением атомов инертных газов, существуют лишь в вакууме, во всех остальных условиях они вступают во взаимодействие с себе подобными или другими атомами, в химическое взаимодействие с образованием химических соединений. Такова природа вещей, и с этим ничего нельзя поделать.

Любая технология требует некоторых приспособлений, средств производства, которые также ускользают от внимания апологетов сборки объектов из атомов. Впрочем, иногда, наоборот, привлекают их внимание и потрясают до глубины души. Действительно, туннельные и силовые микроскопы — это красивейшие устройства, зримое свидетельство мощи человеческого разума. И в целом лаборатории, в которых занимаются манипулированием атомами, являют образ технологий будущего в духе «Третьей волны» Элвина Тоффлера: так называемые чистые комнаты с кондиционированием и специальной очисткой воздуха, устройства, включающие малейшую вибрацию, оператор в специальной одежде с университетским дипломом в кармане.

Все это тоже будут безотходно собирать из атомов? Включая фундамент, стены и крышу помещений? Полагаем, что утвердительно ответить на этот вопрос не рискнут даже самые ярые приверженцы этой технологии.

Человечество когда-нибудь создаст безотходные, экологически чистые технологии, но они будут основаны на других принципах или на принципиально другой технике.

## Миф о наномашинах



Собственно, изначально речь и шла о другой технике. Идея о том, что для конструирования на наноуровне необходимо иметь манипулятор соответствующего размера, очевидна. Вот как видел реализацию этой идеи Ричард Фейнман:

«Предположим, что я изготовил набор из десяти рук-манипуляторов, уменьшенных в четыре раза, и присоединил их проводами к исходной системе рычагов управления, так что эти манипуляторы одновременно и точно повторяют мои движения. Затем я вновь изготовлю набор из десяти манипуляторов в четверть нормальной величины. Естественно, что первые десять манипуляторов при этом изготовят  $10 \times 10 = 100$  штук манипуляторов, уменьшенных, однако, уже в 16 раз...

Ничто не мешает продолжить этот процесс и создать сколько угодно крошечных станков, поскольку это производство не имеет ограничений, связанных с размещением станков и их материалоемкостью... Понятно, что это сразу снимает и проблему стоимости материалов. В принципе мы могли бы организовать миллионы одинаковых миниатюрных заводиков, на которых крошечные станки непрерывно сверлили бы отверстия, штамповали детали и т. п.»

Этот подход — прямолинейная реализация идеи создания миниатюрных устройств. Он, пусть и со многими ограничениями, работает на микроуровне, подтверждением чему служат так называемые микроэлектромеханические устройства. Их используют в системах раскрытия подушек безопасности в автомобилях при авариях, в лазерных и струйных принтерах, в датчиках давления, в бытовых кондиционерах и в индикаторах уровня топлива в бензобаке, в кардиостимуляторах и в джойстиках игровых приставок. Разглядывая их под микроскопом, мы увидим привычные нам шестеренки и валы, цилиндры и поршни, пружины и клапаны, зеркала и микросхемы.

Но нанообъекты обладают свойствами, отличными от свойств макро- и микрообъектов. Если мы найдем способ, как пропорционально уменьшить размер транзисторов с сегодняшних 45—65 нм до 10 нм, то они просто не будут работать, потому что электроны начнут туннелировать через слой изолятора. А соединительные провода истончатся до цепочки атомов, которые и ток будут проводить не так, как массивные образцы, и станут разбредаться в стороны из-за теплового движения или, наоборот, собираться в кучку, забыв о задаче поддержания электрического контакта.

То же относится и к механическим свойствам. При уменьшении размера растёт отношение площади поверхности к объёму, а чем больше поверхность, тем больше трение. Нанообъекты буквально приклеиваются к другим нанообъектам или к поверхностям, которые для них вследствие их собственной малости кажутся ровными. Это полезное качество для геккона, который легко шагает по вертикальной стене, но крайне вредное для любого устройства, которому надо ехать или скользить по горизонтальной поверхности. Для того чтобы просто сдвинуть его с места, придется затратить непропорционально много энергии.

С другой стороны, мала инерция, движение быстро прекращается. Нетрудно сделать наномаятник — прицепить ча-

стицу золота диаметром в несколько нанометров к углеродной нанотрубке диаметром 1 нм и длиной в 100 нм и подвесить его к пластинке кремния. Но этот маятник, если раскачать его в воздухе, почти сразу остановится, потому что даже воздух — существенное препятствие для него.

У нанообъектов, как говорится, высокая парусность, их вообще легко сбить с пути истинного. Многие, наверно, наблюдали в микроскопе броуновское движение — беспорядочные метания мелкой твердой частички в воде. Альберт Эйнштейн еще в 1905 году объяснил причину этого явления: молекулы воды, находящиеся в постоянном тепловом движении, ударяются о поверхность частицы, и нескомпенсированность силы ударов с разных сторон приводит к тому, что частица приобретает импульс в том или ином направлении. Если уж частица размером 1 мкм чувствует силу ударов маленьких молекул и изменяет направление движения, то что говорить о частице размером 10 нм, которая весит в миллион раз меньше и для которой соотношение веса к площади поверхности меньше в 100 раз.

И тем не менее в научной и научно-популярной литературе, особенно в публикациях СМИ, постоянно встречаются описания наноконструкций различных механических деталей, шестеренок, гаечных ключей, колес, осей и даже редукторов. Предполагается, что из них будут созданы действующие модели наномашин и других устройств. Не надо относиться к этим работам с излишней серьезностью, осуждая, недоумевая или восхищаясь. «Я лично убежден, что мы, физики, могли бы решать такие задачи просто ради интереса или забавы», — сказал Ричард Фейнман. Физики шутят...

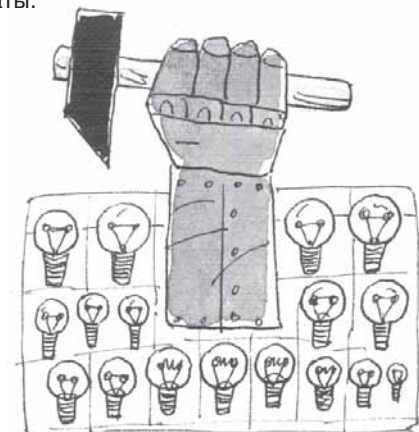
На самом деле они полностью отдают себе отчет в том, что для создания наномеханических или наноэлектромеханических устройств необходимо использовать конструкционные подходы, отличные от макро- и микроаналогов. И здесь для начала даже изобретать ничего не надо, потому что природа за миллиарды лет эволюции создала столько различных молекулярных машин, что нам всем десяти лет не хватит, чтобы в них разобраться, скопировать, приспособить для своих нужд и попытаться что-то улучшить.

Наиболее известный пример природного молекулярного мотора — так называемый флагеллярный мотор бактерий, о котором «Химия и жизнь» уже писала (см. статью «Молекулярные машины», «Химия и жизнь», 2010, № 2). Другие биологические машины обеспечивают сокращение мышц, биение сердца, транспорт питательных веществ и перенос ионов через клеточную мембрану. Кпд молекулярных машин, превращающих химическую энергию в механическую работу, во многих случаях близок к 100%. При этом они чрезвычайно экономичны, например на работу электромоторов, обеспечивающих движение бактерии, затрачивается менее 1% энергетических ресурсов клетки.

Мне представляется, что описанный биомиметический (от латинских слов «биос» — жизнь и «миметис» — подражание) подход — наиболее реалистичный путь создания наномеханических устройств и одна из тех областей, где содружество физиков и биологов на ниве нанотехнологий может принести ощутимые результаты.

## Миф о нанороботах

Предположим, что мы создали на бумаге или на экране компьютера эскиз наноробота. Как бы его собрать, и желательно не в одном экзем-



пляре? Можно, следуя Фейнману, создать «крошечные станки, которые непрерывно сверлили бы отверстия, штамповали детали и т. п.» и миниатюрные манипуляторы для сборки готового изделия. Эти манипуляторы должны управляться человеком, то есть иметь некую макроскопическую оснастку или, по крайней мере, действовать согласно заданной человеком программе. Кроме того, необходимо как-то наблюдать за всем процессом, например, с помощью электронного микроскопа, также имеющего макроразмеры.

Альтернативную идею выдвинул в 1986 году американский инженер Эрик Дрекслер в футурологическом бестселлере «Машины созидания». Выросший, как все люди его поколения, на книгах Айзека Азимова, он предложил использовать для производства наноустройств механические машины соответствующих (100—200 нм) размеров — нанороботы. Речь уже не шла о сверлении и штамповке, эти роботы должны были собирать устройство непосредственно из атомов, поэтому они были названы ассемблерами — сборщиками. Но подход оставался чисто механическим: сборщик был оснащен манипуляторами длиной в несколько десятков нанометров, двигателем для перемещения манипуляторов и самого робота, включая упомянутые ранее редукторы и передачи, а также автономным источником энергии. На круг выходило, что наноробот должен состоять из нескольких десятков тысяч деталей, а каждая деталь — из одной-двух сотен атомов.

Проблема визуализации атомов и молекул как-то незаметно растворилась, казалось вполне естественным, что наноробот, оперирующий объектами сопоставимых с ним размеров, «видит» их, как человек видит гвоздь и молоток, которым он забивает этот гвоздь в стену.

Важнейшим узлом наноробота был, конечно, бортовой компьютер, который управлял работой всех механизмов, определял, какой атом или какую молекулу следовало захватить манипулятором и в какое место будущего устройства их поставить. Линейные размеры этого компьютера не должны были превышать 40—50 нм — это как раз размер одного транзистора, достигнутый промышленной технологией нашего времени, через 25 лет после написания Дрекслером книги «Машины созидания».

Но ведь Дрекслер и адресовал свою книгу в будущее, в далекое будущее. На момент написания книги ученые еще не подтвердили даже принципиальную возможность манипулирования отдельными атомами, не говоря о сборке из них хоть каких-нибудь конструкций. Это случилось лишь через четыре года. Устройство, использованное для этого впервые и используемое до сих пор — туннельный микроскоп, — имеет вполне осязаемые размеры, десятки сантиметров в каждом измерении, и управляется человеком с помощью мощного компьютера с миллиардами транзисторов.

Но мечта-идея о нанороботах, собирающих материалы и устройства из отдельных атомов, была настолько красивой и заманчивой, что это открытие лишь придало ей убедительности. Не прошло и нескольких лет, как в нее уверовали далекие от науки сенаторы США, журналисты, а с их подачи — общественность и, что совсем удивительно, сам автор, который продолжал отстаивать ее даже тогда, когда ему доходчиво объяснили, что идея нереализуема в принципе. Аргументов против таких механических устройств множество, приведем лишь самый простой, выдвинутый Ричардом Смолли: манипулятор, «захвативший» атом, соединится с ним навеки вследствие химического взаимодействия. Смолли был лауреатом Нобелевской премии по химии, в этом, наверно, было дело.



## МИФЫ НАШЕГО ВРЕМЕНИ

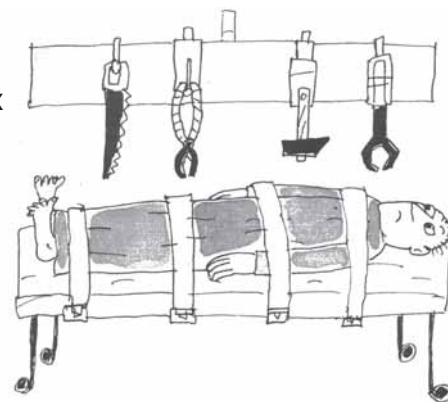
Но идея продолжала жить своей жизнью и дожила до наших дней, заметно усложнившись и дополнившись различными приложениями.

### Миф о медицинских нанороботах

Наиболее популярен миф о миллионах нанороботов, которые будут шнырять по нашему организму, диагностировать состояние различных клеток и тканей, ремонтировать поломки с помощью наноскальпеля, рассекать и демонтировать раковые клетки, наращивать костную ткань сборкой из атомов, соскребать холестериновые бляшки с помощью нанолопатки, а в мозгу избирательно разрывать синапсы, ответственные за неприятные воспоминания. И еще докладывать о проделанной работе, передавая через наноантенну сообщения вроде: «Алекс — Юстасу. Выявлено повреждение митрального клапана. Поломка устранена». Именно последнее вызывает серьезную озабоченность общественности, ведь это разглашение частной информации — сообщение наноробота может быть получено и расшифровано не только врачом, но и посторонним. Эта обеспокоенность подтверждает, что во все остальное люди верят безоговорочно. Как и в нанороботов-шпионов, в «умную пыль», которая будет проникать в наши квартиры, наблюдать за нами, подслушивать наши разговоры и опять же передавать полученные видео- и аудиоматериалы посредством нанопередатчика с наноантенной. Или в нанороботов-убийц, поражающих людей и технику с помощью нанозарядов, возможно, даже ядерных.

Самое удивительное, что почти все описанное может быть создано (а что-то уже создано). И инвазивные диагностические системы, сообщающие о состоянии организма, и лекарственные средства, действующие на определенные клетки, и системы, очищающие наши сосуды от атеросклеротических бляшек, и наращивание костной ткани, и стирание воспоминаний, и невидимые системы дистанционного слежения, и «умная пыль».

Однако все эти системы настоящего и будущего не имеют и не будут иметь никакого отношения к механическим нанороботам в духе Дрекслера, за исключением размера. Они будут созданы совместными усилиями физиков, химиков и биологов, ученых, работающих на ниве синтетической науки, называемой нанотехнологиями.



## Миф о физическом методе синтеза веществ



В своей лекции Ричард Фейнман невольно выдал тайную вековую мечту физиков:

«И наконец, размышляя в этом направлении (возможности манипулирования атомами. — Г.Э.), мы доходим до проблем химического синтеза. Химики будут приходиться к нам, физикам, с конкретными заказами: «Слушай, друг, не сделаешь ли ты молекулу с таким-то и таким-то распределением атомов?» Сами химики используют для приготовления молекул сложные и даже таинственные операции и приемы. Обычно для синтеза намеченной молекулы им приходится довольно долго смешивать, взбалтывать и обрабатывать различные вещества. Как только физики создают устройство, способное оперировать отдельными атомами, вся эта деятельность станет ненужной... Химики будут заказывать синтез, а физики — просто «укладывать» атомы в нужном порядке».

Химики не синтезируют молекулу, химики получают вещество. Вещество, его получение и превращения — предмет химии, по сей день загадочный для физиков.

Молекула — это группа атомов, не просто уложенных в нужном порядке, но еще и соединенных химическими связями. Прозрачная жидкость, в которой на два атома водорода приходится один атом кислорода, может быть водой, а может быть и смесью жидких водорода и кислорода (внимание: не смешивать в домашних условиях!).

Предположим, что нам каким-то образом удалось сложить кучку из восьми атомов — двух атомов углерода и шести атомов водорода, изображенную на рисунке. Физики эта кучка представится, наверное, молекулой этана  $C_2H_6$ , но химик укажет еще как минимум две возможности соединения атомов.

Пусть мы хотим получить этан методом сборки из атомов. Как это можно сделать? С чего начинать: сдвинуть два атома углерода или приставить атом водорода к атому углерода? Вопрос на засыпку, в том числе и для автора. Проблема в том, что ученые пока научились манипулировать атомами, во-первых, тяжелыми, а во-вторых, не очень реакционноспособными. Довольно сложные конструкции собраны из атомов ксенона, золота, железа. Как оперировать легкими и чрезвычайно активными атомами водорода, углерода, азота и кислорода, не совсем понятно. Так что с поатомной сборкой белков и нуклеиновых кислот, о которой некоторые авторы говорят как о деле практически решенном, придется повременить.

Есть еще одно обстоятельство, существенно ограничивающее перспективы «физического» метода синтеза. Как уже было сказано, химики не синтезируют молекулу, а получают вещество. Вещество состоит из огромного числа молекул. В 1 мл воды содержится  $\sim 3 \times 10^{22}$  молекул воды. Возьмем более привычный для нанотехнологий объект — золото. В кубике золота объемом  $1 \text{ см}^3$  содержится  $\sim 6 \times 10^{22}$  атомов золота. Сколько времени потребуется, чтобы собрать такой кубик из атомов?

Работа на атомно-силовом или туннельном микроскопе по сей день сродни искусству, недаром для нее требуется

специальное и очень хорошее образование. Работа ручная: зацепи атом, перетащи на нужное место, оцени промежуточный результат. По скорости приблизительно как кирпичная кладка. Чтобы не пугать читателя немислимыми числами, предположим, что мы нашли способ как-то механизировать и интенсифицировать процесс и можем укладывать по миллиону атомов в секунду. В этом случае на сборку кубика объемом  $1 \text{ см}^3$  мы затратим два миллиарда лет, примерно столько же, сколько потребовалось природе, чтобы методом проб и ошибок создать весь живой мир и нас самих как венец эволюции.

Именно поэтому Фейнман говорил о миллионах «заводиков», не оценивая, впрочем, их возможную производительность. Именно поэтому даже миллион нанороботов, снующих внутри нас, не решат проблемы, потому что нам не хватит жизни, чтобы дождаться результата их трудов. Именно поэтому Ричард Смолли настоятельно призывал Эрика Дрекслера исключить из публичных выступлений всякое упоминание о «машинах созидания», дабы не вводить общественность в заблуждение этой антинаучной чушью.

Так что же, на этом методе получения веществ, материалов и устройств можно ставить крест? Нет, отнюдь.

Во-первых, с помощью той же самой техники можно манипулировать не атомами, а существенно более крупными строительными блоками, например углеродными нанотрубками. При этом снимаются проблемы легких и реакционноспособных атомов, а производительность автоматически возрастет на два-три порядка. Это, конечно, еще слишком мало для настоящей технологии, но таким методом уже сейчас ученые получают в лабораториях единичные экземпляры простейших нанороботов.

Во-вторых, можно придумать множество ситуаций, когда внесение атома, наночастицы или даже просто физическое воздействие иглы туннельного микроскопа инициирует процесс самоорганизации, физических или химических превращений в среде. Например — цепной реакции полимеризации в тонкой пленке органического вещества, изменения кристаллической структуры неорганического вещества или конформации биополимера в определенной окрестности точки воздействия. Высокоточное сканирование поверхности и многократное воздействие позволяют создать протяженные объекты, характеризующиеся регулярной наноструктурой.

И наконец, этим способом могут быть получены уникальные образцы — шаблоны для дальнейшего размножения другими методами. Скажем, шестиугольник из атомов металла или единичная молекула. Но как размножить единичную молекулу? Невозможно, скажете вы, это какая-то ненаучная фантастика. Почему же? Природа прекрасно умеет создавать множественные, абсолютно идентичные копии как отдельных молекул, так и целых организмов. В обиходе это называется клонированием. О полимеразной цепной реакции слышали даже люди, далекие от науки, но хотя бы раз посетившие современную медицинскую диагностическую лабораторию. Эта реакция позволяет размножить единственный фрагмент молекулы ДНК, извлеченный из биологического материала или синтезированный искусственно химическим путем. Для этого ученые используют «молекулярные машины», созданные природой, — белки и ферменты. Почему мы не можем сделать аналогичные машины для клонирования других молекул, не только олигонуклеотидов?

Рискну немного перефразировать Ричарда Фейнмана: «Известные нам принципы химии не запрещают клонировать единичные молекулы. «Размножение» молекул по образцу вполне реально и не нарушает никаких законов природы».

## Миф о «серой слизи»

Элементарное соображение о чрезвычайно низкой (по массе) производительности нанороботов, естественно, не прошло мимо внимания Эрика Дрекслера. В мире «машин созидания» были и другие проблемы, которые мы за недостатком



места не обсуждали подробно, например контроль качества, освоение выпуска новой продукции и источники сырья, откуда и как появляются атомы на «складе». Для решения этих проблем Дрекслер ввел в концепцию еще два типа устройств.

Первый — разборщики, антиподы сборщиков. Разборщик, в частности, должен изучать строение нового объекта, записывая в память нанокomпьютера его поатомную структуру. Не устройство, а мечта, мечта химиков! Несмотря на все достижения современной исследовательской техники, мы не «видим» все атомы, например, в белке. Установить точную структуру молекулы возможно только в том случае, если она вместе с миллионами других таких же молекул образует кристалл. Тогда, используя метод рентгеноструктурного анализа, мы можем определить точное, до тысячных долей нанометра, расположение всех атомов в пространстве. Это длительная, трудоемкая процедура, требующая громоздкого и дорогого оборудования.

Второй тип устройств — созидатели, или репликаторы. Их основные задачи — поточное производство сборщиков и сборка себе подобных репликаторов, то есть размножение. По замыслу их создателя, репликаторы — намного более сложные устройства, чем простые сборщики, они должны состоять из сотни миллионов атомов (на два порядка меньше, чем в молекуле ДНК) и соответственно иметь размер порядка 1000 нм. Если продолжительность их репликации будет измеряться минутами, то, размножаясь в геометрической прогрессии, они за сутки создадут триллионы репликаторов, те произведут квадрильоны специализированных сборщиков, которые приступят к сборке макрообъектов, домов или ракет.

Легко представить ситуацию, когда функционирование системы перейдет в режим производства ради производства, безудержного накопления средств производства — самих нанороботов, когда вся их деятельность сведется к увеличению собственной популяции. Такой вот бунт машин эпохи нанотехнологий. Для собственного строительства нанороботы могут получить атомы только из окружающей среды, поэтому разборщики начнут разбирать на атомы все, что попадет под их цепкие манипуляторы. В результате по прошествии какого-то времени вся материя и, что самое обидное для нас, биомасса превратятся в скопище нанороботов, в «серую слизь», как образно назвал ее Эрик Дрекслер.

Каждая новая технология порождает сценарии неотвратимого конца света, обусловленные ее внедрением и распространением. Миф о серой слизи — лишь исторически первый такой сценарий, связанный с нанотехнологиями. Но очень образный, поэтому его так любят журналисты и кинематографисты.



### МИФЫ НАШЕГО ВРЕМЕНИ

К счастью, такой сценарий невозможен. Если, несмотря на все сказанное выше, вы еще верите в возможность сборки чего-либо существенного из атомов, задумайтесь над двумя обстоятельствами. Во-первых, у описанных Дрекслером репликаторов не хватает сложности для создания себе подобных устройств. Ста миллионов атомов мало даже для создания управляющего процессом сборки компьютера, даже для памяти. Если предположить недостижимое — что каждый атом несет один бит информации, то объем этой памяти будет 12,5 мегабайт, а этого слишком мало. Во-вторых, у репликаторов возникнут проблемы с сырьем. Элементарный состав электромеханических устройств принципиально отличается от состава объектов окружающей среды и в первую очередь от биомассы. Поиск, извлечение и доставка атомов необходимых элементов, требующие огромных затрат времени и энергии, — вот что будет определять скорость воспроизводства. Если спроецировать ситуацию на макроразмер, то это то же самое, что собирать станок из материалов, которые необходимо найти, добыть, а потом доставить с различных планет Солнечной системы. Недостаток жизненных ресурсов ставит предел безудержному распространению любых популяций, куда более приспособленных и совершенных, чем мифические нанороботы.

## Заключение

Перечень мифов можно продолжить. Миф о нанотехнологиях как локомотиве экономики достоин отдельной статьи. Ранее в статье «Нанотехнологии как национальная идея» (см. «Химию и жизнь», 2008, № 3) мы старались развеять миф о том, что «Национальная нанотехнологическая инициатива» США — это сугубо технологический проект.

Мифом является и каноническая история нанотехнологий, ключевым событием которой считается изобретение туннельного электронного микроскопа. Последнее легко объяснить. «Историю пишут победители», а глобальный проект под названием «Нанотехнологии», в значительной мере определяющий лицо (и финансирование) современной науки, пробили физики. За что мы все, исследователи, работающие в этой и смежной областях, выражаем физикам свою бесконечную признательность.

Мифы сыграли свою положительную роль, они породили энтузиазм и привлекли внимание политической и экономической элиты, а также общественности к нанотехнологиям. Однако на этапе практической реализации нанотехнологий пора забыть об этих мифах и перестать повторять их из статьи в статью, из книги в книгу. Ведь мифы тормозят развитие, задают неверные ориентиры и цели, порождают непонимание и страхи. И наконец, необходимо написать новую историю нанотехнологий — новой науки XXI века, области естествознания, объединяющей физику, химию и биологию.



# Зверь, приручивший человека



Кошка бенгальской породы знакомится с сибирской

Доктор биологических наук,  
доктор естествознания (Ph.D.)

**С.Я.Амстиславский**,  
доктор медицинских наук  
**Я.Д.Анфиногорова**

В современном мире живет более 600 миллионов домашних кошек — это самое распространенное домашнее животное. Кошка была одомашнена на Ближнем Востоке, причем самые древние находки кошек, живущих рядом с человеком, имеют возраст 9500 лет. Несмотря на столь длинную историю одомашнивания, кошка мало изменилась. Это нетрудно заметить, глядя на ее предка, африканскую степную кошку, называемую еще ливийской (*Felis silvestris lybica*). Большинство современных пород домашней кошки в случае необходимости способны выжить в природе.

В отличие от сельскохозяйственных животных — овец, коз, коров, свиней, кошек не выращивают ради мяса, молока или шерсти, и для верховой езды они тоже не созданы. (Исключения встречаются лишь в фантастических романах.) Как и собака, кошка считается животным-компаньоном. Однако большинство пород собак все-таки создавалось с практической целью: охрана, охота и т. д. А среди примерно шестидесяти общепризнанных пород кошек, существующих в настоящее время, сложно назвать хотя бы одну «функциональную». Более того, даже та изначальная функция, которая сделала кошку спутницей человека на заре цивилизации — способность ловить мышей и крыс, сберегая запасы зерна и других продуктов, — у некоторых современных пород редуцирована.

Кошка, по-видимому, пришла к человеку сама, по собственной воле, и в некоторых цивилизациях пользовалась поистине царскими привилегиями. Так, например, древние египтяне почитали кошку как священное животное. Того, кто осмелился ее обидеть, подвергали жестоким наказаниям, а экспорт кошек из Египта был строжайше запрещен. В Японию на рубеже первого и второго тысячелетия кошек ввозили с материка, и они очень высоко ценились. «Госпожа кошка, служившая при дворе, была удостоена шапки чиновников пятого ранга, и ее почтительно титуловали госпожой мёбу», — сообщает японская писательница Сэй-Сёнагон. А у древних

скандинавов Фрейя, богиня любви, разъезжала в колеснице, в которую были запряжены кошки.

В современном мире этим домашним любимцам уже не оказывают таких почестей, однако они по-прежнему ведут себя независимо и вполне по-хозяйски в наших жилищах. Марсианин, глядя на какого-нибудь Барсика и обожающих его хозяев, легко мог бы заключить, что это Барсик приручил человека, а не наоборот.

Со времен древнеегипетской цивилизации и до наших дней кошки вызывают восхищение у людей своей грациозной походкой, красотой движений и совершенством форм. Этот зверь, «приручивший человека», способен понимать тонкие оттенки наших настроений, находить дорогу домой за много километров, легко лазать по деревьям, видеть в сумерках и почти всегда падать на четыре лапы...

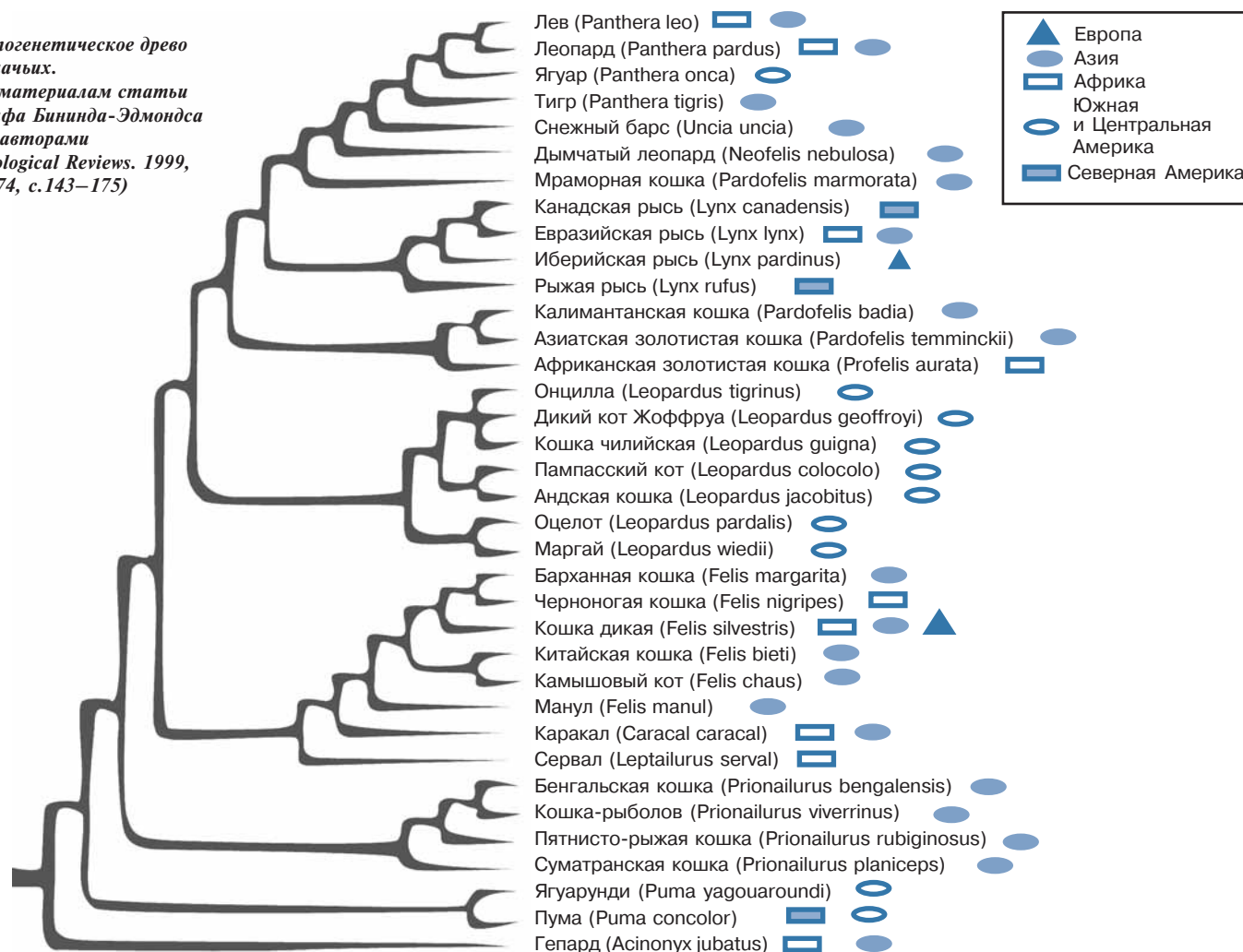
В этой статье мы хотели бы рассказать не только о домашних кошках, но и об их диких родственниках. Семейство кошачьих насчитывает 36 видов, и все они, от мелкой и очень застенчивой черноногой кошки, живущей на юге Африки, до царя зверей льва, заслуживают того, чтобы о них вспомнили. Многие из них переживают нелегкие времена и нуждаются в помощи человека, чтобы уцелеть в XXI веке.

## Кошки на генеалогическом древе

Дикие виды кошачьих распространены по всему миру — они обитают и в джунглях, и в тайге, и в горах, и даже в пустынях. Их нет лишь на двух континентах, в Австралии и Антарктиде, а также на некоторых затерянных в океане островах.

Человек, приложив руку к истреблению многих диких видов кошек, в то же время поспособствовал возникновению дикой (точнее, одичавшей) кошачьей фауны там, где ее не было исторически. В Австралию, например, кошки были завезены около 400 лет назад. Одичавшие зверьки успешно освоили там многие биотопы и сейчас вместе с завезенными человеком лисицами охотятся на завезенных же кроликов. Во многих областях Австралии бытуют мифы о живущих в окрестных лесах и горах огромных диких кошках, которым придумывают звучные названия вроде «голубой горной пантеры». При проверке эти фантомы оказываются всего-навсего одичавшими потомками домашних кошек, которые размножились в дикой природе и стали в два-три раза крупнее «прародителей».

1  
Филогенетическое древо кошачьих.  
По материалам статьи  
Олафа Бининда-Эдмондса  
с соавторами  
(*Biological Reviews*. 1999,  
т. 74, с.143–175)



2  
Золотой лев попал на герб Финляндии благодаря шведским королям, которые владели финскими территориями в течение 500 лет и имели льва на своем фамильном гербе

Но вернемся к настоящим диким кошкам. Только в последнее время, с развитием молекулярных методов анализа ДНК, удалось уточнить степень родства между отдельными видами кошачьих и построить генеалогическое древо (рис. 1). Легко заметить, что большинство видов диких кошек обитают лишь на одном континенте. Исключений не так уж много. Например, леопард, лев, каракал и гепард — афро-азиатские виды, однако популяция «азиатского льва» ничтожно мала. Обыкновенная рысь встречается на всем протяжении Евразии — от Скандинавии до российского Дальнего Востока. Но самый распространенный в дикой природе вид кошачьих — безусловно, дикая кошка *Felis silvestris*, которая живет на огромных пространствах трех континентов — Африки, Азии и Европы. Следует также упомянуть пуму, которая водится как в Южной, так и в Северной Америке и потому имеет множество различных названий — от «горного льва» до «пантеры Флориды».

## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Пять самых больших и, пожалуй, самых знаменитых «рычащих» кошек из рода пантер — лев, леопард, ягуар, тигр и снежный барс — состоят в близком родстве. Генеалогическая ветвь пантер отделилась от общего предка кошачьих почти одиннадцать миллионов лет назад, и у этих видов много общих черт: например, способ поедания добычи, большие размеры и очень характерный рык. В неволе все эти виды могут давать гибридное потомство при скрещивании друг с другом.

К большим рычащим кошкам примыкают два азиатских вида: дымчатый леопард и мраморная кошка. Дымчатый леопард, обладатель уникального окраса шкуры, исключительно длинного хвоста и больших клыков, за которые его еще называют «саблезубым наших дней», — среднего размера кошка, обитающая в Юго-Восточной Азии. Мраморная кошка похожа на дымчатого леопарда, но существенно меньше его. Однако эти две кошки, в отличие от львов, леопардов, тигров, ягуаров и барсов, не умеют рычать.

Лев, признанный царь зверей, обитает преимущественно в Африке. Его часто изображают на гербах, он олицетворяет мощь и силу (рис. 2). Однако, как и домашняя кошка, лев не прочь поиграть. Классик зоологии Брэм описывает такой случай, произошедший в Африке. Лев вышел из зарослей и сел прямо на тропинке перед путником. Тот проявил завидное хладнокровие и палкой прогнал льва. Лев опять уселся у него на дороге, чуть дальше, но снова был изгнан. Это повторилось несколько раз, после чего лев царственно удалился...



Тигр — вид исключительно азиатский. Это грозный и крупный хищник. Амурский тигр, самая большая дикая кошка на Земле, достигает веса 350 кг. (Лигры, гибриды льва и тигрицы, бывают еще крупнее, но их получают лишь в неволе.) Прекрасный охотник, тигр очень быстро бегает, способен прыгать до десяти метров в длину и проплывать много километров. Но при таких удивительных охотничьих талантах тигр сам сильно пострадал от охотников. Из восьми некогда существовавших подвидов тигра сохранилось всего пять; по последним оценкам, в дикой природе осталось менее 3500 тигров, хотя еще в начале XX века по Земле бродило около 100 000 этих полосатых кошек.

Ближайший родственник тигра — снежный барс (ирбис). Тигр и барс отделились от общего предка менее трех миллионов лет назад. Барс — исчезающий вид, в природе он обитает лишь в Азии.

Леопард когда-то населял почти всю Африку и огромные пространства Азии, но под давлением человека его ареал сильно сократился. Некоторые азиатские его подвиды признаны исчезающими. Леопард хорошо лазает по деревьям и иногда втачивает на дерево добычу намного тяжелее собственного веса. Ягуар, единственный представитель больших пантер на американском континенте, весьма похож на леопарда, хотя обладает более мускулистым плотным телом и в среднем весит больше. Он царствует в лесах Амазонии, где нет никого равного ему по силе. В отличие от леопарда он не испытывает конкуренции со стороны львов и тигров. Совершенно черных ягуаров, как и черных леопардов, называют пантерами.

## Кисточки на ушах, перепонки между пальцами

Род рысей включает четыре вида, два из которых — канадская и рыжая рыси — североамериканские, а обыкновенная и иберийская обитают в Евразии. Эти виды отделились от общего предка кошачьих примерно семь миллионов лет назад. Особого внимания заслуживает испанская, или иберийская рысь, поскольку она находится под угрозой исчезновения. Этот вид диких кошек — на сегодняшний день самый малочисленный из всего семейства кошачьих.

Следующие тесно связанные генеалогическим родством три вида — африканская и азиатская золотистые кошки, а также калимантанская кошка. Азиатская золотистая кошка, или кошка Темминка, примерно в два раза больше обычной Мурки (самые крупные экземпляры достигают 15 кг). Обитает она исключительно в Юго-Восточной Азии. Африканская золотистая кошка родственна азиатской и очень на нее похожа. Тем не менее это самостоятельный вид кошачьих, хотя, согласно одной из гипотез, африканская золотистая кошка отпочковалась от азиатской примерно 6–10 миллионов лет назад и мигрировала в Африку. Калимантанская кошка, или кошка острова Борнео, существенно мельче своей ближайшей родственницы — азиатской золотистой кошки. Это скрытное малоизученное животное обитает лишь на острове Калимантан.

К знаменитому роду тигровых кошек принадлежат весьма красивые и интересные с точки зрения одомашнивания и гибридизации виды — онцилла, дикий кот Жоффруа, кодкод, пампасский кот, андская кошка, маргай и оцелот. Несмотря на то что эти виды имеют в латинском названии слово *Leopardus*, прямыми родственниками леопарда они не являются и обитают не в Азии и не в Африке, а в Южной Америке. В отличие от других кошачьих, у них не 19 пар хромосом, а 18. Ветвь тигровых кошек появилась на кошачьем генеалогическом древе примерно восемь миллионов лет назад. Все они обладают красивой «леопардовой» шкурой и, за исключением оцелота, близки по размеру к домашней кошке. Большинство тигровых кошек обитают в лесах и прекрасно лазают по

деревьям. Самый великолепный лазальщик — маргай, который проводит большую часть времени на деревьях. У него длинные крепкие лапы и исключительной длины хвост, за который он получил еще одно название: «длиннохвостая кошка». Андская кошка предпочитает жить высоко в горах — пышный мех защищает ее от холода. А пампасский кот чувствует себя свободно не только в зарослях, но и на равнине. Оцелот — самая крупная из тигровых кошек, его вес 11–16 кг. Этот обитатель лесов Южной и Центральной Америки по праву слывет одним из самых красивых животных на Земле. Если у древних египтян предметом поклонения и культа была кошка, то древние перуанцы поклонялись оцелоту.

Из-за красивых шкур тигровые кошки — желанный трофей для охотников. Оцелот, маргай, кот Жоффруа, как и многие другие, сильно от этого пострадали. В последнее время во многих странах Южной Америки были приняты законы, запрещающие охоту на этих зверей и торговлю их шкурами.

Виды рода пума, то есть собственно пума и ягуарунди, как и тигровые кошки, обитают исключительно на американском континенте. Пума, которая распространена и в Северной, и в Центральной, и в Южной Америке, — весьма крупная кошка: средний вес самца около 60 кг, самки — около 40 кг, однако отдельные экземпляры достигают 120 кг. Ягуарунди существенно мельче пумы, по размеру он сходен с домашней кошкой. Как пума, так и ягуарунди окрашены во взрослом состоянии однотонно, что нетипично для американских кошек. Обладая весьма внушительными размерами, пума умеет мурлыкать, чего при всем желании не смогут сделать ни тигры, ни львы.

Гепард, пожалуй, самая удивительная из диких кошек, ближе всех примыкает к пумам. Это самое быстрое животное на Земле, он может развивать скорость до 110 км/ч, причем разгоняется почти молниеносно. Гепард весит обычно не менее 40 кг, а некоторые из них достигают 60 кг. В дикой природе гепард обитает преимущественно в Африке, хотя небольшое их число осталось и в Азии. Гепард охотится на открытых пространствах, подкрадываясь к добыче со всем кошачьим мастерством на расстоянии нескольких десятков метров, а затем уже для последнего рывка использует свои выдающиеся природные способности спринтера. При всем своем великолепии гепард очень уязвим, и судьба его вызывает серьезную тревогу. Высокая смертность молодняка, низкое качество спермы, неспособность размножаться в неволе естественным путем — эти и другие факторы, вероятно, связаны с высокой степенью инбридинга (близкородственного скрещивания).

Каракалов и сервалов ранее относили к разным родам, но благодаря работам Стефена О'Брайена и его коллег из Национального центра рака США недавно объединили в род *Caracal*, поместив в него и африканскую золотистую кошку (родословное древо, приведенное на рис. 1, еще не отражает этих изменений). Каракал похож на небольшую стройную рысь и даже имеет кисточки на ушах (в Северной Африке его называют «берберийской рысью»), а окраской больше сходен с пумой. Каракалы знамениты своей прыгучестью. Сервал — вид исключительно африканский. Эта красивая длинноногая кошка своим пятнистым окрасом напоминает гепардов. Сервалы легко скрещиваются с каракалами, и оба этих вида могут давать гибридов с домашней кошкой (об этом см. ниже).

Из азиатских кошек рода *Prionailurus* наиболее известна леопардовая, или бенгальская, кошка. Это животное, величинной с домашнюю кошку, распространено по всей Юго-Восточной Азии — от Индостана и Индонезии до российского Дальнего Востока. Они хорошо лазают по деревьям и плавают, одинаково комфортно чувствуют себя и в лесах, и в степях, и в горах. Пятнисто-рыжая кошка, населяющая юг Индостана и остров Цейлон, похожа на бенгальскую кошку. Это, однако, очень мелкий зверь — весом всего лишь около полу-





Фото: В.А.Цыдренко



3  
*Лапа сибирского кота Кузи. Хорошо видны подушечки*

тора килограммов. Родственный бенгальской кошке вид кошка-рыболов прекрасно приспособлен к плаванию, у него даже есть перепонки между пальцами передних лап. Он крупнее, чем бенгальская кошка, и считается одним из самых умных представителей кошачьего мира. Суматранская, или плоскоголовая, кошка так же, как и кошка-рыболов, ведет полуводный образ жизни, питаясь рыбой, лягушками и другой речной живностью.

### Собственно кошки

Род *Felis* (по-латыни просто «кошка») включает все подвиды лесного кота, барханную, черноногую, китайскую кошку, камышового кота и манула. Как уже говорилось, прямым предком домашней кошки был африканский подвид дикой кошки *Felis silvestris lybica*. Барханная кошка обитает в пустынях Азии и Африки. Зачем же ей длинная шерсть? Затем, что ночью в пустыне очень холодно, а барханная кошка активна исключительно ночью: в это время она охотится, а жарким днем отдыхает, забравшись в укрытие. Она может подолгу обходиться без питья, получая влагу из пищи. Черноногая кошка, как и барханная, обитает в пустынях, но исключительно на юге Африки. Эта застенчивая, но бесстрашная кошка, которая, согласно африканской легенде, может убить жирафа, — одна из самых мелких представительниц семейства (1,6–1,9 кг).

Другой представитель рода *Felis*, манул, обладает еще более густым и длинным мехом, чем барханный кот. Зоолог Петер Паллас, открывший этого оригинального кота, полагал, что длинношерстные кошки, например персидская, имеют в своей родословной манула. Но анализ ДНК показал, что ни манул, ни барханный кот, ни китайская кошка, которая, как и манул, живет в горах и обладает пышным мехом, не были предками домашней кошки. Камышовый кот — самый крупный представитель рода кошек, весом до 16 кг. Он обитает преимущественно в Азии, однако его ареал захватывает и Египет. Этот длинноногий и не слишком стеснительный кот может близко подходить к человеческому жилью, а иногда самовольно заселяет пустые жилища. Итак, ближайшие родственники домашней кошки из рода *Felis* различаются по весу почти в десять раз — от мелкой черноногой кошки до камышового кота, и обитают в самых различных биотопах, от пустыни до высокогорья.

Отдельного рассмотрения заслуживает дикая кошка — *Felis silvestris*. В Европе живет европейский лесной кот, который вместе с азиатской дикой кошкой, ливийской степной кошкой и южноафриканской дикой кошкой, собственно, и составляют этот вид.

Дикие кошачьи — хищники, причем в подавляющем большинстве случаев они ведут одиночный образ жизни. Имеется лишь очень немногие исключения из этого правила. Наиболее известны прайды (семейные сообщества) львов, отличающихся сложной социальной организацией и иерархией. Основная «профессия» большинства диких кошачьих — это охота, причем с характерным сценарием: подкрадывание к добыче и лишь на конечном этапе спринтерский рывок или прыжок. Отсюда мягкая, с остановками и грациозными поворотами головы походка, умение замереть и слиться с пейзажем. Благодаря острым когтям кошачьи прекрасно лазают по деревьям, а умение видеть при недостатке освещения позволяет им успешно охотиться в сумерках.

### Чудо мягкое и пушистое

Кроме 36 видов диких кошек, есть еще и домашняя кошка, которую знаменитый систематик Карл Линней назвал *Felis catus*. И по сей день одни зоологи считают ее отдельным видом, другие же — подвидом дикой кошки. Международная комиссия по зоологической номенклатуре закрепила за дикой кошкой название *F. silvestris*, а за домашней — *F. silvestris catus*.

В масштабном исследовании Карлоса Дрисколла, Стефена О'Брайена и других был проанализирован геном 979 кошек — диких видов из Северной Африки, Азербайджана, Казахстана, Монголии и Ближнего Востока, а также домашней кошки из таких разных регионов мира, как США и Япония. Выяснилось, что геном домашней кошки идентичен геному ближневосточного подвида дикой кошки — ливийской степной кошки. Остальные подвиды, оказывается, не были ее предками.

Карлос Дрисколл с соавторами выдвинули предположение, что древние люди захотели поселить кошек в своих домах не только ради пользы, но также из-за их больших красивых глаз и других привлекательных черт. Таким образом, красота кошек была одной из важных причин их сближения с человеком. И сегодня очарование этих зверей побуждает многих помогать диким кошкам, спасая их от исчезновения.

Глаза кошек не только красивы, но уникальны по своему строению. Среди всех домашних животных кошка обладает самыми большими глазами (относительно размеров головы). Светочувствительность ее глаз примерно в семь раз выше, чем у человека, в том числе и благодаря тапетуму — слою, дополняемому за сетчаткой и отражающему на нее свет от дополнительных источников. Именно поэтому глаза у кошки «загораются» в темноте.

Кошачья лапка прекрасно приспособлена к тому, чтобы мягко подкрадываться к жертве, опираясь на подушечки (рис. 3). Однако у кошек, как и других видов кошачьих, имеются выдвигающиеся когти. Лишь у некоторых видов, например у гепардов, когти не втягиваются.

Кошки обладают великолепным слухом и достаточно хорошим обонянием. Наряду с обычным звуковым диапазоном кошки могут воспринимать и ультразвуковые сигналы. Особенно важно это во время вскармливания котят, поскольку в их тонком писке есть ультразвуковые тона. Кошка может по-



ворачивать ушную раковину к источнику звука и даже оценивать расстояние до этого источника. По силе обоняния кошка уступает собаке, но в десять раз превосходит человека.

Осязательные функции у кошек выполняют особые чувствительные волоски — вибриссы, расположенные над верхней губой, над глазами, под подбородком, на хвосте и на лапах. В обиходе вибриссы над верхней губой называют «кошачьими усами». Они очень важны для пространственной ориентировки кошки. С помощью чувствительных волосков, в том числе расположенных на лапах, кошка обследует предметы. Грязь или влага на лапах воспринимаются как нежелательное раздражение, и животное немедленно их отряхивает или облизывает. Это одна из причин повышенной чистоплотности кошек. Все, кто когда-либо наблюдал за ними, знают, как много времени они тратят на умывание.

В современном мире кошек уже не считают божествами, однако вера в идеи фелинотерапии — в не объясненные пока целительные способности кошки существует и сегодня. Действительно, в некоторых ситуациях кошки могут благотворно воздействовать на здоровье человека. Об этом свидетельствуют, например, результаты экспериментов Карен Аллен с соавторами, опубликованные в журнале «Psychosomatic Medicine» за 2002 год. Было показано, что у хозяев кошки в ее присутствии существенно меньше поднималось кровяное давление в ответ на провоцирующий сигнал, а после окончания сигнала оно быстрее приходило в норму.

Следует, однако, заметить, что целительное воздействие оказывает далеко не каждая кошка и далеко не на каждого человека. Поэтому мы предостерегаем читателей от безоглядного увлечения идеями фелинотерапии. Кроме того, кошки могут причинять вред здоровью, становясь источником инфекции. Известно, например, что кошки бывают носителями токсоплазмоза, причем не только домашние, но и манулы, и тигры, и многие другие виды. При заражении человека токсоплазмозом последствия могут быть очень серьезными. Особенно это опасно в определенные периоды беременности, поэтому женщинам, ожидающим ребенка, следует остерегаться кошек, тем более малознакомых.

Будучи большими поклонниками кошек, мы готовы согласиться с мнением великого физиолога И.П.Павлова, который считал, что интеллект кошек выше, чем у собак. Правда, научных подтверждений этому мнению найти сложно: из-за своего независимого характера кошка менее склонна демонстрировать людям свои интеллектуальные возможности, а кроме того, часто действует, повинувшись инстинктам и стереотипам, что сильно затрудняет оценку ее интеллекта.

## Домашние, но дикие

Могут ли дикие кошки стать домашними? Попытки поселить в человеческом жилище вместо обычной Мурки «из дикого леса дикую тварь» предпринимались во все времена. Например, у знаменитого художника Сальвадора Дали дома жил оцелот (рис. 4). Этот красивейший из обитателей южноамериканских лесов был популярным домашним животным в 1950–1960-е годы, особенно в США. В наше время оцелот стал весьма редким зверем, он находится под охраной закона и его гораздо реже приобретают частные лица. Кроме всего прочего, содержать такого крупного хищника небезопасно, да и привычка оцелота метить территорию весьма пахучими метками может создавать проблемы. Это же верно и по отношению к другим крупным диким кошкам, которых иногда избирают в качестве домашних питомцев, — к пуме, рыси, гепарду и тигру.

Немало людей держат дома сервалов и каракалов. Последние известны своей способностью к прыжкам, и в некоторых странах с каракалами охотились. Между ними устраивали даже состязания по ловле голубей, и особенно проворные ловчие кошки славились тем, что могли поймать дюжину птиц прежде, чем стая разлетится. Североамериканскую рыжую рысь также содержат дома. Несколько реже домой берут камышового кота или кота Жоффруа, а также кошек более крупного размера — евразийскую рысь, пуму или гепарда. История взаимоотношений гепарда и человека насчитывает около 5000 лет; их, как и каракалов, использовали для охоты.

Находятся даже оригиналы, готовые держать дома настоящего тигра. Причем иногда желающие «приватизировать» тигра помогают спасти этих гигантских кошек от исчезновения. Правительство Индонезии в январе 2010 года предложило отдать суматранских тигров (их осталось всего около 200) под опеку частных лиц, пока они не исчезли окончательно — ведь естественная среда их обитания разрушена.

Несмотря на то что спонтанные скрещивания между видами кошачьих происходят иногда и в природе, и в неволе, лишь с 1970–1980-х годов начались активные попытки скрещивания домашней кошки с дикими видами, такими, как азиатский леопардовый кот, сервал и кот Жоффруа. Одна из попыток увенчалась созданием бенгальской породы кошки. Эти похожие на маленьких леопардов красавцы имеют в своей родословной домашнюю кошку и азиатского леопардового кота (*Prionailurus bengalensis bengalensis*), иначе называемого бенгальской, или дальневосточной, кошкой. Самых азиатских леопардовых кошек мало кому удается держать дома, они и в естественных условиях избегают появляться вблизи жилища человека. Тем не менее от их скрещивания с домашней кошкой американцы Джин Миль (Сугден) и супруги Кент сумели вывести бенгалов. На сегодня это самая известная и наиболее признанная порода, полученная путем скрещивания с диким видом. Бенгалы — довольно крупные (но не гигантские) кошки, до 7 кг веса, они сохраняют внешний вид дикого основателя и в то же время вполне добродушны и социальны.

Другая знаменитая порода, появившаяся тоже в США и тоже совсем недавно, — кошка сафари. Это гибрид домашнего кота и дикой кошки Жоффруа (*Leopardus geoffroyi*), обитающей в Южной Америке. Они обладают поразительно красивой внешностью и добрым нравом, а также внушительными размерами. Гибриды первого поколения весят в среднем 11 кг, но отдельные экземпляры достигают 15–16 кг.

При получении кошки сафари возникли серьезные проблемы. Во-первых, у кота Жоффруа, как мы помним, 36 хромосом, а у домашней кошки 38. Во-вторых, срок беремен-

ности у домашней кошки — 65 дней, у кота Жоффруа — 75. Но все же гибриды были получены и дали начало весьма популярной породе кошек.

Сервалы часто обитают вблизи человека, известны случаи их успешного приручения. Однако пока нет известий об их скрещивании с домашними кошками в природе. По-видимому, репродуктивное поведение этих двух видов настолько различается, что сервал и кошка не воспринимают друг друга как брачных партнеров. Тем не менее в неволе при скрещивании кота сервала и обычной домашней кошки может наступать беременность, которая иногда заканчивается рождением гибридных котят. Эта порода получила название «саванна». Отцом гибридов первого поколения обычно становится сервал, выращенный в неволе. Беременность у сервалов длится 74 дня, то есть примерно на 10 дней дольше, чем у домашней кошки. Поэтому хотя кошка рождает гибридных котят в срок по своему «графику», они оказываются несколько недоношенными. Этим котяткам, чтобы выжить, требуется постоянная помощь человека, особенно в первые две недели жизни. Но в конце концов они начинают быстро набирать вес и существенно обгоняют в росте обычных кошек. Взрослая «саванна» достигает веса 13—18 кг.

Как уже говорилось, каракалов тоже приручают и содержат в качестве домашних питомцев. Члены королевской семьи в Индии, например, охотились с каракалами на зайцев. Недавно получены интересные гибриды под названием *caracat* (каракал-кошка), хотя они еще не стали такими популярными, как бенгалы, сафари или саванна. Существует и порода кошек, полученная от камышового кота.

## От тигра к тойгеру

Счастливые обладатели экзотических кошек, выведенных путем гибридизации, могут наслаждаться компанией вполне добродушных зверей, внешним видом и внушительными размерами напоминающих диких предков-красавцев. Однако всегда ли хороша гибридизация? Джудит Раймер и Даниэл Симберлофф в своей статье «Исчезновение путем гибридизации и интрогрессии», опубликованной в «Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics», упоминают, что одичавшие домашние кошки могут свободно скрещиваться в природе как с ливийской кошкой, так и с европейским лесным котом. Например, в Шотландии и Южной Африке гибридизация между одичавшими кошками и ее дикими родственниками вида *Felis silvestris* была настолько интенсивной, что многие отловленные из природы «дикие» коты имеют в своей родословной домашнюю кошку, о чем свидетельствуют не только результаты анализа ДНК, но и внешность. И это еще один повод задуматься о сохранении генофонда «малых» диких кошек, в том числе и путем создания генетических банков, считает американец Дэвид Уилдт (см., например, его статью, опубликованную в журнале «Sexuality, reproduction and menopause», 2009, № 7, <http://www.srm-ejournal.com/article.asp?AID=7556>).

Однако гибридизация с домашней кошкой — конечно же не главная проблема. Основные опасности — это разрушение человеком среды обитания диких кошек, а также массовая охота и отлов. Так, например, оцелот сильно пострадал от отстрела, и в настоящее время охота на него запрещена в Бразилии, Аргентине и большинстве других стран Южной Америки. Кроме того, оцелота и некоторых других диких кошек в недалеком прошлом отлавливали для содержания в неволе — в том числе в частных коллекциях. Нередко таким животным подпиливали клыки и когти, после чего звери уже не могли вернуться к жизни в природе.

Такие породы кошек, как бенгальская, сафари, саванна и т. д., создавались в том числе и для того, чтобы уберечь представителей диких видов от передачи в частное вла-



дение. По мысли создателей этих пород, бенгалы, сафари или саванны, несущие гены диких видов, могут заменить взыскательным любителям оцелотов, сервалов, каракалов и рысей. Правда, для получения бенгалов, сафари или саванна необходимо держать в неволе соответственно азиатскую леопардовую кошку, кота Жоффруа или сервала. Однако животных, используемых в качестве производителей, содержат специалисты в питомниках, так что на жизнь они пожаловаться не могут. Кроме того, создание пород с участием диких видов кошек поможет сохранить их уникальные гены, даже если сами виды безвозвратно погибнут.

Хотя межвидовая гибридизация в семействе кошачьих — не редкость, но происходит она все-таки между животными сходного размера и достаточно близкими по репродуктивной биологии. В зоопарках нередко получают лигров, гибридов льва и тигрицы, которые достигают веса до 450 кг — намного больше и тяжелее как львов, так и тигров. При обратной комбинации родителей получаются тигоны, которые, напротив, намного мельче и львов, и тигров. Сложно представить процесс получения гибридов между, скажем, тигрицей или львицей и обычным домашним котом. Скорее всего, большие рычащие кошки воспримут кота не как супруга, а как завтрак или обед... Однако подобные гибридные зародыши были получены! Правда, путем экстракорпорального оплодотворения. (Подробнее об этом — в статье «Кошки из пробирики» в этом же номере.)

В год Тигра нельзя не упомянуть проект по созданию «игрушечного тигра». Путем скрещивания бенгальских кошек с другими породами удалось получить удивительную кошку, названную тойгер (по-английски «toyger», от *toy* — «игрушка» и *tiger* — «тигр»). Инициатором этого проекта стала Джуди Сугден, дочь той самой Джин Миль, которая так много сделала для создания бенгальской породы. Тойгер — кошка, удивительным образом напоминающая миниатюрного тигра. Узнать больше об этой новой породе, которая еще создается, можно на сайте <http://toygers.org/>. По мере продвижения селекционной работы, с каждым новым поколением тойгеры все больше и больше походят на тигров, оставаясь добродушными и совершенно безопасными. Одна из целей селекции тойгера — создать кошку, которая неслась бы в себе «образ тигра». Тойгеры будут напоминать людям о могучем звере, некогда бродившем по Уссурийской тайге и мангровым джунглям Индостана, даже если они полностью исчезнут с лица Земли. Будем надеяться, что этого никогда не произойдет и большая полосатая кошка останется на нашей планете. Но в любом случае создание «игрушечного тигра» — оригинальный, динамично развивающийся проект, и мы с величайшим интересом следим за его осуществлением.



# Кошки из пробирки



XXI век отмечен быстрым развитием геномики и репродуктивной биологии. Оба этих направления крайне важны для сохранения мира диких кошек. Благодаря усилиям ученых из Национального института рака (США), а также множества других участников кошачьего геномного проекта о геноме кошки известно довольно много (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/genome/guide/cat/>). Эти исследования помогли уточнить филогенетическое дерево кошачьих, разрешить и загадку происхождения домашней кошки, и множество других загадок.

Например, давно было замечено, что гепарды в неволе размножаются крайне плохо. Более того, даже кусочек кожи, пересаженный от одного гепарда другому, обычно не отторгается. Это говорит о том, что не только гепарды, содержащиеся в зоопарках мира, но и те, что обитают на воле, — очень близкие родственники. Комплексное исследование с привлечением геномики, палеонтологии и других направлений биологии показало, что около 12 тысяч лет назад гепард почти исчез с лица Земли. Однако немногие выжившие особи затем снова размножились, и к XVIII веку уже несколько сот тысяч гепардов снова охотились на бескрайних просторах Африки и Азии.

Казалось бы, счастливый конец. Однако, пройдя такое «бутылочное горлышко» в своей эволюции, вид утратил большую часть генетического разнообразия, подвергнувшись инбридингу. Следствием этого, кроме всего прочего, стали репродуктивные проблемы. Как установил Дэвид Уилдт с соавторами (США), у гепардов чаще, чем у многих других видов кошачьих, наблюдается тератоспермия, то есть уродства сперматозоидов. Лишь немногим более 20% сперматозоидов гепарда обладают нормальной морфологией, остальные несут различные аномалии и не способны к оплодотворению. В этом одна из причин плохого размножения гепардов в неволе.

К сожалению, тератоспермия характерна не только для гепарда, но и для других диких видов кошачьих — даже для царя зверей льва, хотя и в меньшей степени, чем для гепарда. Еще хуже,

чем у гепардов, обстоят дела с качеством спермы у пантер Флориды — так называют подвид пумы (*Puma concolor coryi*). Этот вид оказался изолированным во Флориде и, как выяснилось, прошел «бутылочное горлышко» дважды в своей истории! Первый раз это случилось примерно 12 тысяч лет назад, в то же самое время, когда на территории Северной Америки полностью исчезли другие большие кошки, такие, как львы и гепарды. Во второй раз пантеры Флориды были почти истреблены в 1970-х — в это время насчитывалось менее 30 взрослых особей этого подвида пумы. Как показали специальные исследования, теперь около 90% спермиев пантер Флориды отмечены различными аномалиями.

К счастью, пума в целом — достаточно процветающий вид, распространенный на большом пространстве Южной и Северной Америки, и у него не менее 25 подвидов. Восемь самок техасского подвида *Puma concolor stanleyi* были выпущены во Флориде и начали скрещиваться с местным видом — это позволило повысить генетическое разнообразие. Однако подобная простая и эффективная стратегия применяется не всегда. Решение о «влинии свежей крови» в тот или иной эндемичный подвид всегда принимают после длительных колебаний и дискуссий. Дело в том, что в консервационной биологии существует понятие «единица консервации» — та минимальная единица, на сохранение которой направлены усилия. Это может быть вид целиком или же, например, подвид. Если принять за «единицу консервации» подвид «пантеры Флориды», то скрещивание особей этого подвида с особями техасского подвида сильно изменит его генофонд, а это нежелательно. Но положение с этими животными было настолько угрожающим, что пришлось принимать экстренные меры.

Семейство кошачьих представляет собой удачный пример применения всего арсенала методов современной репродуктивной биологии, от простого гормонального мониторинга при разведении в неволе (чтобы верно выбрать момент для получения потомства,

полезно отслеживать колебания гормонов, таких, как эстрадиол, прогестерон или тестостерон) до создания криобанка эмбрионов и семени и репродуктивного клонирования. Эти методы очень хорошо сочетаются и дополняют традиционные подходы к сохранению генофонда кошачьих.

Сперматозоиды домашнего кота замораживают и хранят в криобанке при температуре жидкого азота во многих лабораториях и центрах. После оплодотворения кошек таким семенем рождаются здоровые котята. Однако эффективность процедуры замораживания семени у кошачьих пока остается невысокой. Что же касается замораживания ооцитов (половых клеток самок), то этот метод пока находится в стадии разработки, имеются лишь отдельные положительные результаты. Группа профессора Гайи Сесилии Лювони из Миланского университета и некоторые другие исследовательские лаборатории в настоящее время совершенствуют методы замораживания и криоконсервации как сперматозоидов, так и ооцитов кошки. Несмотря на то что подавляющее большинство диких видов кошачьих в той или иной мере страдают тератоспермией, потомство после искусственного осеменения было получено как минимум у восьми видов: тигра, гепарда, барса, пумы, дымчатого леопарда, оцелота, маргая, бенгальской кошки. Причем котята бенгальской кошки, оцелота и гепарда появились на свет после использования семени из криобанка.

Группа Дэвида Уилдта получала яйцеклетки от львиц, тигриц, пум и некоторых других диких видов кошек. Эти яйцеклетки оплодотворяли экстракорпорально (то есть «в пробирке», а точнее — в чашке Петри) семенем обычного домашнего кота, взятого из криобанка. В некоторых случаях образовались гибридные зародыши, которые успешно прошли первые этапы дробления. В одной из работ этой же группы получили развивающиеся гибридные зародыши «кошка-тигр» после оплодотворения яйцеклетки, взятой от тигрицы, семенем кота... Пока, однако, современная наука не знает способа довести



Сперматозоиды  
домашнего кота



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



Эмбрион домашней кошки через 65 часов развития в культуре после экстракорпорального оплодотворения яйцеклетки кошки семенем кота. Обе фотографии любезно предоставлены профессором Гайей Сесилией Льюони (Миланский университет)

до конца развитие гибридных зародышей, полученных от столь различных по размеру и физиологии видов.

Трансплантация и криоконсервация эмбрионов, так же, как и гамет, была успешно адаптирована к кошачьим. Сначала эти методы отработывались на домашней кошке. Впервые трансплантация эмбрионов котят была проведена в 1978 году. А через десять лет удалось получить живых котят после трансплантации эмбрионов, взятых из криобанка. После этого в течение почти 15 лет кошка оставалась единственным представителем отряда хищных, с которым замораживание и криоконсервация эмбрионов увенчались успехом. Недавно этот метод успешно применили на двух видах диких кошек — оцелоте и каракале: в обоих случаях после трансплантации эмбрионов, взятых из криобанка, приемным матерям того же вида, у них родились живые котята.

На кошках гораздо лучше, чем на многих других млекопитающих, отработаны технологии экстракорпорального оплодотворения. Сообщалось о рождении котят после трансплантации эмбрионов, которые были получены *in vitro* (путем экстракорпорального оплодотворения), развивались в культуре, затем были заморожены и после извлечения из криобанка и разморозки трансплантированы кошке-реципиенту. Метод опробован и на диких коша-

чих. Так, сообщалось о рождении тигрят после трансплантации эмбрионов, полученных экстракорпоральным оплодотворением.

На кошках отработан метод «сексинга» — определения пола зародыша до его имплантации, а также репродуктивного клонирования. Впервые кошку клонировали в 2002 году, затем вторично в 2005-м. Несомненным успехом стало клонирование Мартой Гомес с коллегами из Центра изучения исчезающих видов в Новом Орлеане двух диких видов кошачьих — дикой ливийской кошки (2004) и барханной кошки (2008). В этих экспериментах клонирование сочеталось с межвидовой трансплантацией: полученные в результате клонирования эмбрионы диких кошек пересаживались домашней кошке-реципиенту. Таким способом было получено 17 котят дикой ливийской кошки и 14 котят барханной кошки.

Усилиями исследователей из США и Бразилии создан криобанк семени и эмбрионов некоторых видов тигровых кошек рода *Leopardus*. Собрано и заморожено достаточно много семени от ягуара, онциллы, кота Жоффруа, пампасского кота, маргая, ягуарунди и оцелота. Особое внимание уделили оцелоту. Не дожидаясь, пока этого сказочно красивого представителя семейства кошачьих постигнет судьба гепарда, у оцелотов бразильского подвида ученые собрали и подвергли криоконсервации не только сперматозоиды, но и эмбрионы. Таким образом, был создан генетический банк оцелота, где при температуре жидкого азота в замороженном состоянии хранятся гаметы и зародыши, сберегающие генетическое разнообразие вида (о криоконсервации эмбрионов и гамет как методе сохранения генетических ресурсов мы уже писали в сентябрьском номере «Химии и жизни» за 2007 год). Обнадеживающие предварительные результаты были недавно получены и с тигриными эмбрионами.

В популярной форме рассказывает о проекте создания криобанка оцелота его инициатор — репродуктивный биолог из США Уильям Свенсон ([http://](http://www.cincinatzoo.org/earth/CREW/documents/TheBrazilianOcelot.pdf)

[www.cincinatzoo.org/earth/CREW/documents/TheBrazilianOcelot.pdf](http://www.cincinatzoo.org/earth/CREW/documents/TheBrazilianOcelot.pdf)). Более 80 эмбрионов оцелота, замороженных в Бразилии с 1999 по 2000 год, хранятся в жидком азоте. Показателем успеха стало то, что путем трансплантации эмбрионов из криобанка удавалось получить живое потомство, причем дважды — в 2001 году и в декабре 2007-го. Во втором случае три котенка оцелота родились в США после перевозки эмбрионов из Бразилии за тысячи километров, причем до размораживания эти эмбрионы семь лет хранились в жидком азоте. Этот результат показывает, что методы репродуктивной биологии могут быть чрезвычайно полезными для сохранения биоразнообразия диких видов. (Об этом мы тоже писали ранее в сентябрьском номере за 2006-й год.)

Блестящая работа с оцелотом — лишь часть программы по сохранению пяти видов «малых» кошек, которую приняла ассоциация, объединяющая 218 зоопарков и аквариумов Америки. В ходе этой программы отработываются различные стратегии, в том числе и методы репродуктивной биологии. Методы трансплантации эмбрионов, создания криобанков эмбрионов и семени планируют применить к размножающимся в неволе популяциям оцелота, а со временем и к другим «малым» кошкам, таким, как кошка-рыболов, барханная кошка, черноногая кошка и другие. Что касается «больших рычащих кошек» — тигров, львов, снежных барсов, леопардов, — для них тоже создаются программы консервации и имеется постоянный запрос на отработку репродуктивных технологий. Кстати, именно потому, что эти технологии могут способствовать сохранению исчезающих видов семейства кошачьих, на домашней кошке отработано больше разнообразных эмбриотехнологий, чем, например, на собаке.

Доктор биологических наук  
**С.Я.Амстиславский**

# Отбор на дурака

Доктор сельско-хозяйственных наук,  
иностраный член РАСХН

**В.И.Глазко,**

доктор сельско-хозяйственных наук

**Т.Т.Глазко,**

Российский государственный аграрный  
университет — МСХА им. К.А.Тимирязева

**Д**вадцатый век оказался трагическим для всех стран Европы. К числу общих трагедий принадлежит и чернобыльская авария, случившаяся 24 года назад. За это время многие научные группы, в том числе наша, изучали ее последствия. Полученные результаты позволяют сформулировать четыре основных закона Чернобыля. Эти законы не кажутся специфичными для радиоактивного загрязнения, напротив, они могут стать универсальными для любых глубоких экологических изменений, связанных с крупными природными и техногенными катастрофами.

1. После катастрофы рождаются не все, кто должен был родиться.
2. После катастрофы идет отбор против специализированных форм: преимущественно воспроизводятся менее специализированные, но обладающие более высокой устойчивостью к действию неблагоприятных факторов среды.
3. Ответ на одни и те же дозы ионизирующего облучения или токсичного агента зависит от его новизны для популяции.
4. Реальные последствия чернобыльской аварии для популяций человека будут доступны для анализа к 2026 году, так как поколение, попавшее под прямое воздействие аварии, только сейчас начинает обзаводиться семьями и рожать детей.

Рассмотрим, на каких экспериментальных факторах базируются эти выводы. (Частично они были сформулированы в статье, опубликованной в июньском номере «Химии и жизни» за 2002 год.)

## Лабораторные мыши и полевки

Когда публика обсуждает генетические последствия опасных воздействий, больше всего внимание привлекают чудовищамутанты. К счастью, двухголовые лягушки и прочие существа, которыми любят пугать общественность, возникают нечасто и, как правило, не оставляют потомства. Другое дело — преобразование генетической структуры популяции в целом.

Зону отчуждения Чернобыльской АЭС можно использовать как полигон для исследований таких преобразований. На этой ограниченной территории резко изменились многие факторы окружающей среды, и живые организмы, в том числе высшие млекопитающие, должны были приспособиться к переменам. Ведь любая экологическая катастрофа уничтожает оптимальные условия существования одних видов и создает условия, благоприятные для других.

В наших исследованиях (их результаты подробно изложены в монографии «Популяционно-генетические последствия экологических катастроф на примере чернобыльской аварии», изданной в 2008 году в РГАУ-МСХА), мы получили данные по нескольким видам млекопитающих. Это были и лабораторные мыши чистых линий, и дикие полевки, и коровы, и люди. Начнем с мышей и полевок. Мелкие грызуны из-за высокой скорости размножения лучше всего подходят для того, чтобы ис-

следовать длительное воздействие неблагоприятного фактора, ведь со времени аварии сменилось уже несколько десятков поколений подопытных животных. Мы взяли три лабораторные линии мышей: BALB/c, CC57W/Mv и C57BL/6J. Что это за линии? BALB/c — типичная лабораторная белая мышь, выведенная в 1920 году. В старости у таких мышей появляется склонность к образованию опухолей, поэтому их широко используют в иммунологии и исследованиях рака. Черная лабораторная мышь C57BL/6J была выведена в начале 70-х годов. У нее низкая склонность к внезапному образованию опухолей, но высокая — к потреблению спирта; таких мышей используют для изучения процессов старения, алкоголизма, ожирения. Линия CC57W/Mv выведена из потомства от скрещиваний первых двух.

Часть мышей жила в Киеве, другая часть — в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, то есть подвергалась постоянному облучению. За год животные получали дозу 0,5–0,6 грея. У них изучали изменения в клетках костного мозга, вырабатывающих кровяные тельца.

У всех трех линий лабораторных мышей, которые обитали в относительно чистых условиях, были свои, присущие только этой линии, склонности к мутациям клеток костного мозга. Так, у мышей линии C57BL/6 с возрастом и при переходе к летнему сезону нарастает анеуплоидия — хромосомные потери. У линии CC57W/Mv при аналогичных обстоятельствах учащаются внутрихромосомные дефекты — хромосомные аберрации, а у линии BALB/c растет число полиплоидных клеток (то есть с дополнительными наборами хромосом).

У мышей, живших в зоне Чернобыля, новых мутаций обнаружить не удалось, а вот частота встречаемости перечисленных аномалий возрастала. Однако были нюансы, связанные с возрастом. Старые мыши линии CC57W/Mv в контрольных условиях отличались от юных более высокой частотой аномалий, в частности числом лейкоцитов с микроядрами (небольшими образованиями, состоящими из фрагментов хромосом; они образуются при нарушениях в делении клеток). В то же время у старых мышей чернобыльской группы частота таких аномалий оказалась меньше, чем у контрольных ровесников и у юных чернобыльских мышей. Кроме того, в костном мозгу старых чернобыльских мышей статистически достоверно увеличилось число делящихся клеток по сравнению с ровесниками из контроля. Получается, что у особей, живущих при повышенном уровне излучения, в отличие от контрольных, с возрастом не уменьшаются темпы клеточного деления в костном мозгу. Видимо, это и приводит к ускоренному удалению клеток с генетическими дефектами, и старые мыши оказываются более приспособленными к новым условиям.

## О греях

*Один грей соответствует поглощению дозы радиации в один джоуль на килограмм. Естественный фон дает дозу менее 0,002 Гр/год, а предельно допустимой дозой для человека считается 0,05 Гр/год.*



## РАССЛЕДОВАНИЕ

Эти данные было интересно сравнить с дикими животными из чернобыльской зоны. Мы отлавливали представителей трех видов полевков: обыкновенной (*Microtus arvalis*), рыжей (*Clethrionomys glareolus*) и полевки-экономки (*Microtus oeconomus*). Эволюционно самый молодой вид из них — полевка обыкновенная, а самый старый — полевка-экономка.

В наименее загрязненных радионуклидами районах, где уровень излучения составляет менее 5 Ки/км<sup>2</sup>, у полевки обыкновенной обнаружена высокая частота встречаемости анеуплоидных клеток; у рыжей полевки — метафаз с межхромосомными слияниями по типу Робертсоновских транслокаций (из двух хромосом образуется одна). Напротив, у полевки-экономки стабильность хромосомного аппарата повышена: мутировавших клеток у них оказалось гораздо меньше, чем у представителей молодых видов.

Интересно, что у полевков, которые жили с высоким уровнем радиации (Янов — около 200 Ки/км<sup>2</sup>; Чистоголовка — около 500 Ки/км<sup>2</sup>; «Рыжий лес» (так называют зону, в которой доза облучения была столь сильной, что в ней после аварии погибли все хвойные деревья, отчего лес и принял такой вид) — около 1000 Ки/км<sup>2</sup>), в клетках костного мозга накапливаются именно те аномалии, которые присущи животным, обитающим в относительно чистых условиях: у рыжей полевки — метафазы с Робертсоновскими межхромосомными слияниями, у обыкновенной полевки — анеуплоиды. Полученные данные позволяют предполагать, что повышение уровня ионизирующего излучения (в пределах исследованных нами) и у лабораторных линий мышей, и у полевков только увеличивает частоту встречаемости тех аномалий, которые изначально свойственны данной линии или данному виду.

## Облучение и гены

Генетические нарушения возникают в организме постоянно, но только малая их часть сохраняется дольше, чем два-три клеточных деления. У живого организма есть изощренные системы репарации; они защищают генетический аппарат от повреждений и размножения мутантных клеточных клонов. Поэтому мутации, которым удается уклониться от систем контроля генетического постоянства, редки, и, даже если нарушения возникают действительно много, опасными оказываются далеко не все.

### О кюри

*Кюри — это внесистемная единица, а системная — беккерель, причем 1 Ки/км<sup>2</sup> равен 37 кБк/м<sup>2</sup>. Она обозначает число распадов в секунду на единице площади, то есть для живых объектов представляет собой экспозиционную дозу облучения, которой они подвергаются. Средний уровень этого показателя на территории СССР за счет испытаний ядерного оружия составляет по цезию-137 около 0,13–0,19 Ки/км<sup>2</sup> (5–7 кБк/м<sup>2</sup>).*

*На территории России есть несколько районов, сильно затронутых чернобыльской аварией. Они расположены в Тульской, Воронежской, Брянской и Орловской областях. Согласно данным Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, на 1997 год в Брянской области было 2,4 тыс. км<sup>2</sup> с уровнем облучения более 15 Ки/км<sup>2</sup>, с уровнем же между 1 и 15 Ки/км<sup>2</sup> по всем четырем областям — 55,2 тыс. км<sup>2</sup>.*

Тот факт, что дозы ионизирующего излучения (подчеркнем еще раз, в пределах исследованных нами — от 0,2 до 1,0 Гр в год) у лабораторных линий мышей и полевков только увеличивают частоту встречаемости известных цитогенетических аномалий, позволяет предполагать, что все дело в генетически обусловленных дефектах соответствующих систем репарации. И если у организма в относительно «чистых» зонах имеется некоторый дефицит систем, контролирующих расхождение хромосом в митозе по дочерним клеткам, как, например, у мышей линии C57BL/6 или обыкновенных полевков, то именно такой тип аномалий и будет увеличиваться в первую очередь под влиянием неблагоприятных условий, например ионизирующего излучения. То, что мы наблюдаем, — не прямое проявление генетических повреждений, а следствия неэффективного ремонта.

Со временем (а животных мы регулярно отлавливаем начиная с 1996 года), несмотря на сохранение высокого уровня радиоактивного загрязнения в местах отлова, постепенно уменьшается количество полевков с высокой частотой мутантных клеток в костном мозге. Важно подчеркнуть, что такое уменьшение, свидетельствующее о постепенном накоплении устойчивых к облучению особей, для рыжей полевки отчетливо наблюдается только у животных, отловленных в «Рыжем лесу», где очень высок уровень загрязнения радиоактивными элементами.

## Быки и коровы

Как мы уже рассказывали восемь лет назад, чернобыльские коровы позволили поставить уникальный опыт по изучению влияния облучения на крупных млекопитающих. Напомним, что после катастрофы и отселения людей большинство животных было забито. Однако один бык и три коровы (их потом назвали Уран, Альфа, Бета и Гамма) спаслись, дав начало экспериментальному стаду. Впоследствии стадо было увеличено за счет завезенных из относительно чистых зон коров голштинской породы (эта порода выведена специально для получения молока). Далее были получены четыре поколения телят, рожденных и растущих при дозе облучения 0,6–0,8 Гр в год, что позволяет сделать выводы о последствиях длительного воздействия облучения и на организмы, и на популяцию в целом.

На уровне организмов выявлены изменения в синтезе ферментов, причем особенно ярко они выражены в сердце и почках. Основное направление — увеличение синтеза тех форм ферментов, которые характерны для менее специализированной ткани.

На уровне популяции проявился аналогичный эффект. У быков и коров, как и у полевков, в череде поколений возрастала устойчивость к радиации. Так, число лейкоцитов с микроядрами в периферийной крови уже во втором поколении телят оказалось ниже, чем у их родителей. В третьем поколении оно стало еще ниже. Изменилось и генетическое разнообразие потомства: буквально на глазах у новых поколений исчезли определенные варианты генов. Например, у потомков чаще всего наследовался лишь один вариант гена из трех кодирующих белок трансферрин, который управляет обменом железа. Причем этот вариант типичен не для голштинов, а для

менее специализированных, но более устойчивых к неблагоприятным условиям пород, например, таких, как древний серый украинский скот. По некоторым генам преимущественно рождались гетерозиготы: разные варианты гена как будто стремились объединиться в одном организме, чтобы он мог более успешно противостоять внешним воздействиям. Это тоже играет против специализации животного.

Мы оценивали генетическую близость популяций животных разных поколений, рожденных в чернобыльском экспериментальном стаде, к другим породам по структурным генам, фрагментам ДНК, фланкированным различными микросателлитными локусами, по полиморфизму ферментов и транспортных белков. Эти данные подтвердили догадку: черно-пестрый скот, рожденный и живущий при постоянном облучении в низкой дозе, оказывается ближе к серой украинской породе, нежели к черно-пестрому скоту из относительно «чистой» зоны.

Возникает вопрос: как это происходит? Основным механизмом может быть увеличение гибели эмбрионов и телят, уменьшающее рождаемость животных с определенным генотипом. И в первом, и во втором поколении плодовитость коров за 7–9 лет исследований снизилась примерно в два раза по сравнению с родительским поколением. Так, 16 коров родительского поколения (F0) экспериментального стада, рожденных в «чистой» зоне, суммарно дали 96 телят ( $0,93 \pm 0,03$  теленка на корову в год); 20 из них (21%) умерло в возрасте до трех месяцев. Первое дочернее поколение, F1, родившееся при облучении около  $200 \text{ Ки/км}^2$ , существенно отличалось от родителей по этому показателю. Так, среди 36 коров F1 21 корова (58%) оказались стерильными; только 15 коров F1 принесли потомство поколения F2 ( $0,73 \pm 0,06$  на корову в год); 13 из этих телят умерли до трехмесячного возраста после рождения (26%). Оставшиеся четыре коровы F2 за 2–4 года родили 10 телят F3 ( $0,94 \pm 0,06$  теленка на корову в год). При этом среди 20 погибших телят F1 преобладали самцы (6 телочек и 14 бычков), а у 13 погибших телят F2 соотношение полов было приблизительно одинаковым (7 телочек и 6 бычков). Такое уменьшение рождаемости и увеличение смертности животных позволяют предполагать наличие отбора против наиболее радиочувствительных особей, причем отбор наиболее интенсивен в поколениях F1. К сожалению, эксперимент закончен — к 2005 году стадо было ликвидировано.

Полученные данные свидетельствуют о том, что небольшие увеличения доз ионизирующего излучения относительно среднего мирового уровня могут приводить к увеличению гибели потомства у таких видов млекопитающих, как крупный рогатый скот, и соответственно к изменению генетической структуры, поскольку часть генофонда уходит с погибшими особями. К этому стоит добавить еще и внутриутробный отбор — эмбрионы с «плохими» наборами генов погибают на начальных стадиях первых делений.

## Коровы и стресс

Чтобы выяснить, насколько специфично подобное изменение генетической структуры именно для действия радиации, мы сравнили по тем же молекулярно-генетическим маркерам группы разных пород крупного рогатого скота, которые также подвергались стрессу. Действие биотического стресса изучали на двух группах стада красной степной породы из относительно «чистого» хозяйства Херсонской области: одна из них была заражена вирусом бычьего лейкоза, а другая свободна от него. На коровах из хозяйств Кировограда и Донецка изучали действие абиотического стресса — химического загрязнения. У породы пинцгау три группы различались обитанием в равнинных, горных и высокогорных условиях. У серой украинской взяли группу в Херсонской области (исходное местообитание) и интродуцированной в Сибирь.

Анализ полученных данных показал, что из-за экологического стресса между группами животных одной породы выявились существенные генетические различия; в некоторых случаях они оказались даже больше, чем отличия между породами. Во всех исследованиях проявили себя два гена, продукты которых — рецептор витамина D и пуридинуклеозидфосфорилаза, фермент, наиболее активный в клетках крови. Их полиморфизм всегда проявлялся при появлении различий между группами животных под действием экологического стресса, в том числе и среди животных, рожденных в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. Это позволяет предполагать, что существуют универсальные характеристики популяционно-генетического ответа на различные факторы экологического стресса, независимо от их природы.

В целом и в случае экологического стресса, и в случае действия радиации популяция адаптируется, не приумножая новые варианты генов, а перетасовывая старые, с тем чтобы получить комбинацию, благоприятную для новых условий. Исследования генетических процессов у различных видов в зоне отчуждения ЧАЭС как раз и позволяют вычлени у них ту часть генофонда, которая ответсна за выживание в условиях повышенного давления естественного отбора. Как правило, она оказывается ближе к внутривидовым, относительно более примитивным формам, а не к специализированным.

## Люди в радиоактивных провинциях

На Земле есть немало районов с повышенным радиоактивным фоном, и в них живет много людей, например штат Карела в Индии, провинции Гуанфонг в Китае, Рамзар в Иране. Естественно, во всех этих местностях исследуется влияние радиации на человека. Результаты очень интересны. Так, в Бразилии у более чем 40 тысяч беременных женщин из такого района нет ни повышенной частоты спонтанных абортов, ни врожденных аномалий, хотя частота хромосомных аберраций в клетках крови жителей тех же районов несколько выше, чем в контрольных.

В провинции Рамзар годовая поглощенная человеком доза составляет  $260 \text{ мЗв}$  (в среднем по миру —  $3,5 \text{ мЗв/год}$ ), но и здесь нет ни повышенной смертности, ни детей с врожденными дефектами развития. Зато клетки крови жителей этой провинции заметно более стойки к радиации: облучение их культуры дозой в  $1,5 \text{ Гр}$  существенно меньше повышает число аномалий по сравнению с клетками крови контрольной группы.

В Китае за период с 1979 по 1995 год было обнаружено, что смертность от онкологических заболеваний у жителей радиоактивной провинции ниже, чем у людей в контрольной зоне. Более того, превышение уровня ионизирующего излучения в три — пять раз не увеличивает вероятность онкологических заболеваний.

В одной из радиоактивных (около  $35 \text{ мЗв/год}$ ) провинций Индии не обнаружено существенных отличий по врожденным патологиям. В другой провинции (выше  $70 \text{ мЗв/год}$ ) обследование ста тысяч человек не выявило увеличения частоты онкологических заболеваний. Более того, ежегодное выявление онкологических заболеваний на сто тысяч человек пос-

### О звертах

*В звертах измеряют эффективную дозу облучения, которая получается из поглощенной дозы (которую измеряют в греях) при умножении на коэффициент качества излучения, а он, в свою очередь, показывает биологическую активность того или иного вида облучения при взаимодействии с конкретной тканью. Дозы в миллизверты человек получает при рентгеновском исследовании, а доза 2–5 Зв при облучении всего тела вызывает облысение и белокровие.*



ледовательно уменьшается от одной области к другой по мере увеличения фонового уровня поглощенного ионизирующего облучения на 0,03/миллизиверта в год. При условном «нулевом» облучении частоту онкологических заболеваний оценивают в 79 случаев на сто тысяч человек, а при облучении 70 мЗв/год она падает до 10—20 случаев.

## Наши люди и радиация

Данные по радиоактивным провинциям резко контрастируют с последствиями чернобыльской катастрофы. После Хиросимы и Нагасаки принято считать, что повышение частоты онкологических заболеваний у человека, связанное с увеличением уровня ионизирующего излучения, начинает отчетливо проследиваться после поглощенной дозы, уровень которой превышает 100 мЗв/год, то есть в три раза меньшей, чем уровень в Рамзаре. Среди 116 тысяч человек, отселенных из Чернобыльской зоны, только около 5% получило такую дозу. Однако получаемые экспериментальные данные позволяют говорить о том, что эта граница достаточно условна.

Например, был выполнен сравнительный анализ частот встречаемости различных хромосомных поломок в клетках крови детей 14—15 лет двух групп: получившие дозы ионизирующего излучения около 30 мЗв в эмбриональный период и получившие приблизительно такую же дозу, но в течение всей жизни (около 2 мЗв в год). Оказалось, что в общем между ними отсутствуют различия по частотам клеток с аномалиями, однако в первой группе, после острого облучения в эмбриональном периоде, чаще встречаются клетки со стабильными хромосомными аномалиями, такими, как транслокации, инверсии, инверсии. Иначе говоря, в их крови накапливаются клоны поврежденных клеток. Поскольку именно эти типы аномалий и в других размножающихся клетках способны существенно осложнять прохождение мейоза, можно ожидать, что у поколения детей первой группы сейчас, когда они вступили в период образования семей и рождения детей, возникают проблемы, связанные с бесплодием.

Есть данные об анализе связей между поглощенными дозами у плодов и частотой развития лейкемий у детей после чернобыльской аварии в пяти странах: Англии, Шотландии, Греции, Германии, Белоруссии и Уэльсе и Шотландии вместе. Суммарные поглощенные дозы на плод в них составляли: 0,02 мЗв в Англии, 0,06 мЗв в Германии, 0,2 мЗв в Греции и 2 мЗв в Белоруссии. Результаты показали, что риск заболеваемости лейкемией достоверно выше у рожденных в пик облучения с июля 1986 по декабрь 1987 года по сравнению с теми, кто родился до аварии (январь 1980 — декабрь 1985) и существенно после нее (январь 1988 — декабрь 1990 года). Так же достоверно и воздействие радиации на щитовидную железу: частота ее патологий у эвакуированных из зоны почти в два раза выше, чем в других группах, и достигает 17,8%. Это гораздо больше, чем упомянутые 5%, попавшие под действие высоких доз.

У детей отцов-ликвидаторов обнаруживается повышенная частота врожденных уродств по сравнению со средней частотой в Российской Федерации. Частота различных заболеваний оказалась существенно выше у ликвидаторов по сравнению со средними значениями у жителей Латвии, причем это соотношение увеличивалось с 1,3 в 1986 до 10,9 в 2007 году.

## Главное — привычка

Сравнение этих результатов с данными по радиоактивным провинциям свидетельствует: дело не в дозе, а в приспособлении популяции к тому или иному уровню облучения. Очевидно, что для жителей Рамзара увеличение годовой дозы на 3,5 мЗв вряд ли опасно. Но для большинства европейских популяций, не встречавшихся в ряду поколений с дозами выше



## РАССЛЕДОВАНИЕ

1 мЗв в год, такое изменение вызовет уход генофонда радиочувствительных особей, и соответственно генетическая структура популяций станет иной. В связи с низкой скоростью размножения людей реальные генетические последствия чернобыльской катастрофы будут известны еще не скоро, ведь дети, родившиеся после 1986 года, вступают в репродуктивный период только сейчас. Однако направленность таких изменений мы уже знаем по опытам с полевыми и коровами: избавление не только от менее стойких, но и от более специализированных и эволюционно продвинутых вариантов.

Можно ли эти эффекты заметить среди людей? Да. Подобные, правда, косвенные результаты получены датскими исследователями. Они достоверно показали, что в 1987 году мальчиков в Баварии и Дании рождалось больше, чем девочек, а смертность новорожденных сформировала существенный всплеск в 1987—1988 годах. Чешские же ученые выявили, что и доля мальчиков среди умерших новорожденных в 1987 году была статистически достоверно выше, чем в 1985.

В свежей статье, опубликованной в «Scandinavian Journal of Psychology» от 24 марта 2010 года, приведены данные, согласно которым у юных жителей Норвегии, получавших малые дозы ионизирующего облучения «в утробе» (то есть рожденных в течение 18 месяцев после катастрофы), показатель интеллекта IQ существенно ниже, чем в контрольной группе того же возраста. Эти различия ограничиваются вербальным IQ, но не выражены по невербальному IQ. Аналогичные результаты были получены на Украине, в Белоруссии и Швеции. Так и должен выглядеть эффект примитивизации для человека: способность к речи — эволюционно более позднее приобретение, нежели невербальная коммуникация, основанная на более древних структурах.

В Норвегии в некоторых районах уровень загрязнения после аварии составил 2—4 Ки/км<sup>2</sup>, а эффективная доза облучения человека в первые 18 месяцев после аварии достигла 0,93 мЗв, что в сто раз больше естественного уровня в Норвегии. В то же время, поскольку радионуклиды попали в корм сельскохозяйственных животных, они оказались и в мясе, и в помете и по пищевой цепочке еще несколько лет доходили до человека. В общем, норвежские власти считают, что прямому воздействию чернобыльской радиации в утробе подверглись все дети, родившиеся между 1986 и 1989 годом.

Поскольку существуют еще и долгоживущие радионуклиды, в постчернобыльском мире уровень излучения многие десятилетия будет оставаться повышенным по сравнению с дочернобыльским временем, все эти эффекты, в частности отбор на менее специализированные формы, так, сказать, отбор на дурака, станут еще долго проявляться.

После этой крупнейшей экологической катастрофы возникла необходимость новой стратегии, которая требует углубленного понимания последствий долгосрочного воздействия долгоживущих радионуклидов на живой организм. Для человечества техногенная катастрофа в Чернобыле — это не только боль прошлого, но и проблема настоящего, и вызов будущего.



# Русская водка. Всегда ли было 40 % ?



ЧТО МЫ ПЬЕМ



Художник В. Песков

В 2010 году исполнилось 145 лет со дня защиты Д.И.Менделеевым докторской диссертации «Рассуждение о соединении спирта с водою». Водно-спиртовые растворы всегда была посвящена еще одна серьезная работа Д.И.Менделеева, опубликованная в 1887 году, — «Исследование водно-спиртовых растворов по удельному весу». В XX веке многие авторы, ссылаясь на диссертацию великого русского ученого, стали утверждать, что Д.И.Менделеев избрал 40-градусную водку. Этот миф продолжает тиражироваться в российской литературе и уже перекочевал в статьи и книги зарубежных авторов.

Причастен ли Д.И.Менделеев к изобретению 40-градусной водки, крепость которой современные авторы называют оптимальным соотношением этилового спирта с водой, обладающим уникальными физико-химическими свойствами? Безусловно, нет, о чем, в частности, еще в 90-е годы писал дирек-

тор Музея-архива Д.И.Менделеева СПбГУ И.С.Дмитриев.

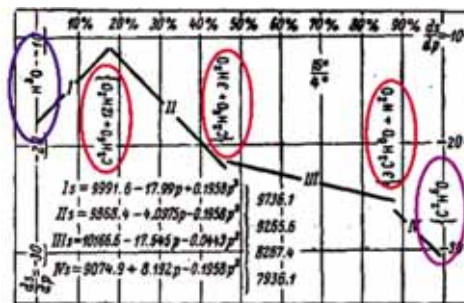
Свое исследование Д.И.Менделеев проводил в весовых процентах, исследуя водно-спиртовые растворы с интервалами в 5%. Итогом стала таблица, в которой напротив каждой концентрации раствора указаны удельные веса, причем Менделеев отмечал, сколько опытов он провел с каждым из образцов, а какие данные заимствовал у своих предшественников.

Объемным 40% соответствуют 33,4% весовых при 15°C. В таблице Д.И.Менделеева есть растворы в 30 и 35% (по весу), а «водочной» 40-процентной концентрации нет, поскольку Д.И.Менделеев ей вообще не занимался. Не удостоились особого внимания даже близкие к водочной концентрации растворы: с 30%-ным (по весу) раствором он сам не провел ни одного опыта, а с 35%-ным — только два. Таким образом, великий русский ученый не изобретал 40-градусной

водки и даже ни разу не использовал слово «водка» в своей диссертации.

Теперь посмотрим, что же сделал Д.И.Менделеев в этой области? Он определил удельный вес безводного (абсолютного) спирта и уточнил существовавшие на то время спиртометрические таблицы. Нашел точки наибольшего сжатия водно-спиртовых растворов при разных температурах (0°C, 10°C, 15°C, 20°C, 30°C). Обнаружил, что существуют определенные химические соединения:  $C_2H_5ONx12H_2O$ ;  $C_2H_5ONx3H_2O$ ;  $3C_2H_5ONxH_2O$  (см. рис.). Смысл последнего открытия ученые смогли объяснить лишь теперь, в XXI веке.

Откуда же появились 40%? От первого количественного метода определения этилового спирта в водно-спиртовых растворах. Этот метод — отжиг — стали применять в России с 1698 года для определения крепости хлебного вина. Первое упоминание о хлебном вине, которое выкуривали из зерновых культур, относится к последней четверти XIV века, а с конца XVII хлебному вину была установлена определенная крепость, которую и определяли с помощью отжига. В царском указе говорилось, что необходимо «насадить добро-го вина, которое бы в опытах вполы угорало», то есть выгорало бы в половину своего объема. Что это означает? В медную отжигательницу наливали два одинаковых объема хлебного вина, затем слегка подогревали и поджигали. После того как процесс горения прекращался, замеряли остаток несгоревшей воды. Должна была остаться половина (50%) от влитого объема: ведь если



Производная удельного веса растворов по концентрации спирта. Концентрация выражена в весовых процентах

хлебное вино имело крепость 40%, то выгорал спирт (40%) и вместе с ним испарялось 10% воды. Конечно, это не очень точный метод, но именно с его помощью определяли крепость хлебного вина (38–40 % об.).

Слово «водка» дошло до нас из русских источников 1531 года. С начала XVII века водками стали называть напитки, которые делали из хлебного вина с добавлением вкусовых и ароматических ингредиентов (травы, коренья, ягоды и пр.). Определенной крепости водкам не устанавливали.

После 1861 года начали производить ректификационный спирт, и с этого времени постепенно из него начинают делать водки и 40-процентное хлебное вино.

С 60-х годов XIX века, согласно законодательным актам, водки можно было делать «всякой крепости и качества, соответственно требованию покупателей». Водки делятся на горькие и сладкие, цветные и белые и бывают разных сортов: первого, второго, третьего и т. д. Водки горькие первого и второго сорта делали из хлебного вина крепостью 40–35 % об. и ниже, а сладкие — из более слабого хлебного вина.

Все это разнообразие позволяло представителям разных сословий выбирать напитки в соответствии со своими

возможностями и пристрастиями. Кто, что и как пил?

Поскольку водка всегда была важной статьей дохода государства, низшие слои населения на протяжении более чем 300 лет (с середины XVI века по 1 января 1886 года) имели право пить спиртные напитки только в кабаках, при этом не закусывая. Продажа пищи там была запрещена. Нельзя было приносить закуску и с собой. В кабаках продавали в основном хлебное вино (полугар) и низкосортные водки. Именно там формировалась культура потребления спиртных напитков низших слоев населения.

Иным был застольный этикет у высших сословий. В XIX веке у аристократии и августейших особ водку подавали только к закусочному столу. Эта традиция родилась именно в России. Предпочтение отдавалось водкам с более низким содержанием алкоголя, которые имели приятный вкус, аромат и стимулировали аппетит. Простое хлебное вино (40% об.) великосветскому столу не соответствовало. В царских винных погребах при Николае II можно было найти английскую горькую от Келлера, рябиновую и листовку от Смирнова, водки сладкие от Штритера и др.

По отношению к алкоголю государство всегда находилось в двойственном положении. С одной стороны, спиртные напитки были серьезной статьей дохода,

а с другой — возникала вечная проблема борьбы с пьянством. В прошедшем XX веке государство не один раз вводило сухой закон, но для этих кампаний была характерна борьба не с пьянством, а с алкогольными напитками. Запреты и ограничения на потребление спиртных напитков всегда стимулировали употребление различных суррогатов, технических и парфюмерных спиртосодержащих жидкостей, а также наркотиков. Каждая новая попытка в очередной раз доказывала, что искоренить пьянство запретами невозможно.

Сейчас об этой проблеме заговорили вновь. В антиалкогольных кампаниях хорошо было бы бороться не с напитками, а воспитывать культуру их потребления, а также развивать альтернативные формы культурного общения. Также следовало бы сформировать систему контроля качества алкогольной продукции и стимулировать развитие новых технологий. Кстати, уменьшить неумеренное потребление алкоголя могло бы и изменение действующих государственных стандартов — можно было бы разрешить производство водок с пониженным содержанием этилового спирта, что вовсе не противоречит историческим традициям. Но сегодняшняя водка по ГОСТу не может иметь крепость ниже 40 %.

**В.З. Григорьева**

# Подлинная жизнь водно-спиртовых растворов

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.В. Пацаева**

*За науку настоящую считайте только то, что утвердилось после сомнений и всякого рода испытаний (наблюдений и опытов, чисел и логики), а «последнему слову науки» не очень-то доверяйтесь, не попытавши, не дождавшись новых и новых проверок.*

Д.И. Менделеев. «Заветные мысли»

Начнем с вопроса: «Сколько будет пять раз по сто грамм?» Ответ дадим позже, а пока расскажем об исследовании, казалось бы, так хорошо всем знакомом предмете.

Водно-спиртовые растворы — это не только водка, а еще и мало изученные, но представляющие большой интерес

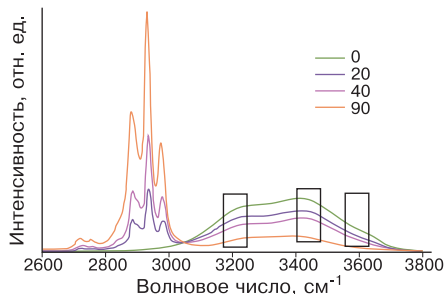
для физико-химических исследований смеси. Прошло 145 лет после защиты Д.И. Менделеевым докторской диссертации, а тема водно-спиртовых растворов живет и интригует. На физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с коллегами из других институтов такие растворы изучают с помощью современных методов. Флуоресцентная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния света и инфракрасного поглощения, ядерный магнитный резонанс (ЯМР) — эти методы позволяют приблизиться к пониманию того, что все-таки происходит при смешении спирта и воды.

В частности, водно-спиртовые растворы исследуют, анализируя колебательные спектры: инфракрасного поглощения и комбинационного рассеяния (КР) света. С помощью спектров КР, например, легко определить кон-

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

центрацию этанола в водных растворах. У чистой воды хорошо видна полоса валентных колебаний гидроксильных групп молекул воды (будем называть ее валентной ОН-полосой). С добавлением этанола эта полоса уменьшается, зато возрастает полоса валентных колебаний СН-групп в этаноле (рис. 1). По соотношению интенсивностей СН- и ОН-полос можно быстро и точно рассчитать концентрацию компонентов. А еще по форме валентной ОН-полосы можно увидеть и более тонкие изменения — например, изменение силы водородных связей, которыми в основном и определяется взаимодействие между молекулами в водном растворе.

Судя по спектрам КР света, самые сильные водородные связи образуются в водно-спиртовых растворах с концентрацией 15–20% по массе (или 20–25% по объему). О силе водородных связей можно судить по изменению формы валентной ОН-полосы, которая имеет два главных «горба» (рис. 1а). Первый (3200 см<sup>-1</sup>) отражает количество молекул воды (точнее, количество ее ОН-групп), соединенных сильной водородной связью со своими соседями, а «горб» на боль-



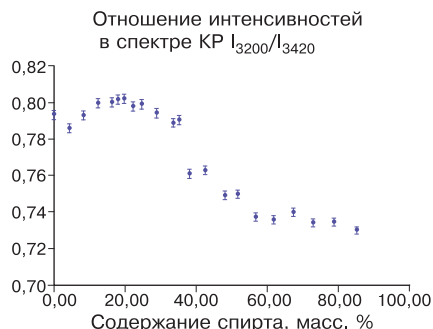
**1**  
**а-** Спектры комбинационного рассеяния света в водно-этанольных растворах различной концентрации. Форма валентной ОН-полосы (правый широкий пик) меняется при изменении концентрации этанола, что отражает изменение водородных связей. Максимальная сила водородной связи молекул воды и этанола видна в интервале концентрации этанола 15...20 масс.% (20...25 об.%).  
**б-** Отношение интенсивностей в спектре КР на частотах, характеризующих ОН-группы с сильной и слабой водородной связью

шей частоте (в области  $3420\text{ см}^{-1}$ ) — количество молекул со слабой водородной связью. По отношению интенсивностей на этих частотах можно сделать вывод о том, насколько сильны в растворе водородные связи (рис. 1б).

Небольшой излом графика спектра в области  $3650\text{ см}^{-1}$  говорит нам о разорванных водородных связях, то есть ОН-группах, не соединенных водородными связями с другими молекулами воды. Частота колебаний этих групп отличается от частоты колебаний ОН-групп молекулы воды в газовой фазе из-за того, что в конденсированной среде есть и другие взаимодействия, не только водородные связи.

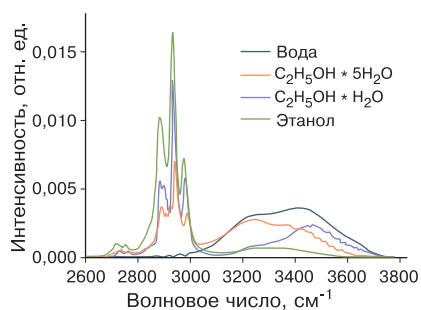
Похожие результаты мы получили на физфаке МГУ и при анализе спектров инфракрасного поглощения. В результате вырисовывается следующая картина. В чистой воде водородные связи довольно сильны, и вода образует непрерывную, постоянно обновляющуюся трехмерную сетку. По мере добавления спирта эти связи немного ослабевают (молекулы этанола внедряются в водяной каркас и разрывают водородные связи вода-вода), а при дальнейшем увеличении концентрации спирта связи снова начинают усиливаться. Их максимум, как мы уже упомянули, приходится на концентрации 15–20% по массе (20–25% по объему) — в таком водно-спиртовом растворе водородные связи сильнее, чем в чистой воде. Если и дальше увеличивать концентрацию этанола, водородные связи будут становиться все слабее и слабее.

Современные данные, в том числе результаты ЯМР, хорошо согласуются с кривой Д.И. Менделеева, которую он привел в своей докторской диссертации 145 лет назад (см. предыдущую статью). Менделеев обнаружил, что в диапазоне между 15 и 20% по массе производная плотности раствора по концентрации этанола имеет экстремум. Эта находка надела его на предположе-



ние о существовании особой точки на концентрационной шкале, при которой спирт и вода образуют определенное соединение. Но Менделеев ничего не говорил о водородных связях. Он написал: «Исследования удельных весов растворов могут быть много более точными, чем ныне, и если мой труд возбудит появление таких определений, придав им не один практический, но и теоретический интерес, то уже этим одним вознаграждется».

Действительно ли в растворе образуются гидраты — соединения спирта и воды с определенным количественным соотношением молекул? Когда полученные нами колебательные спектры разложили на компоненты с помощью математических методов, оказалось, что всю серию кривых можно отлично описать с помощью четырех компонентов: спектр чистой воды, спектр чистого этанола и два промежуточных спектра, которые наводят на мысль о том, что в растворе образуются два типа гидратов определенного состава. Если применить подход, который мы обычно используем для расчета концентрации этанола в растворе (отношение интенсивности СН-полосы к ОН-полосе), то можно посчитать среднее соотношение количества молекул воды и спирта для каждого типа гидрата. Формулы гидра-



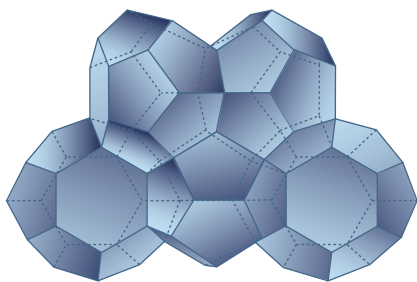
**2**  
**Спектры гидратов, полученные методом разрешения множественных кривых MCR-ALS (Д.Шефер, Университет Цинциннати, США).**

тов —  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O}$  (рис. 2). Подчеркнем, что речь идет о среднем соотношении молекул воды и спирта в гидратах, состоящих, возможно, из большого количества молекул.

Таким образом, все молекулы в водно-спиртовом растворе можно разбить на четыре категории: молекулы воды со связями, похожими на связи в чистой воде; молекулы «чистого» этанола; и два типа гидратов. По форме колебательных спектров этих гидратов можно сделать вывод, что в первом типе гидратов (где на одну молекулу спирта приходится пять молекул воды), водородные связи сильнее, чем в чистой воде, а во втором типе гидратов (с соотношением молекул 1:1) водородные связи ослаблены.

Чему соответствует соотношение 5:1? Оно характерно для клатратов — объединений молекул в объемные многогранники (рис. 3), в полостях которых размещены небольшие неполярные «молекулы-гости» (см. «Химию и жизнь», 2006, №6). Получается, что при 20–25% об. водородные связи становятся очень сильными и молекулы воды объединяются в объемные структуры, окружающие молекулу этанола вроде клетки или каркаса. Конечно, в жидкости подобные структуры размываются тепловым движением и время их жизни мало по сравнению со временем жизни клатратов в твердой фазе. Если в твердой среде мы можем говорить о достаточно стабильной структуре с характерными параметрами (углы между связями, расстояния между атомами и пр.), то в жидкости такие структуры постоянно образуются и распадаются, форма их не идеальна, а углы искажены. Поэтому правильнее говорить о клатратоподобных структурах в растворах — каркасах из молекул воды, по структуре напоминающих клатраты. Каждую отдельную структуру зафиксировать практически невозможно, поскольку за одну пикосекунду связи между молекулами разрываются и образуются новые.

Наш японский коллега, профессор Масаси Ходзэ из университета города Коти, много лет исследовавший водородные связи в растворах, сравнивает структуру жидкой воды и косяка рыбы: рыбы в группе постоянно перестраиваются, но в каждый момент времени косяк упорядочен — на фотографии мы видим единое целое с определенной геометрией. Подобную «фотографию» изменчивой клатратной структуры в водно-этанольном растворе можно получить, предварительно его заморозив, методом дифракции рентгеновских лучей. Эту работу выполнили наши коллеги — группа профессора Дэйла Шефера (Университет Цинциннати, США).



3  
**Клатраты** — это объединения молекул воды в объемные многогранники, в полостях которых размещены небольшие неполярные молекулы

Они, так же, как и мы на физфаке МГУ, получили инфракрасные спектры водно-спиртовых растворов, и их результаты повторяют полученные у нас.

Обобщив все данные, мы можем предположить: при концентрации, близкой к 25% по объему, в растворе примерно поровну присутствуют чистая вода и клатратоподобные структуры  $C_2H_5OH \cdot 5H_2O$ . При повышении концентрации спирта эти структуры начинают разрушаться (это видно по ослаблению водородных связей), и в растворе появляются гидраты второго типа  $C_2H_5OH \cdot nH_2O$  и кластеры из молекул этанола. Мы думаем, что вторая структура с соотношением 1:1 — это, конечно, не две молекулы воды и этанола, соединенные вместе, а ассоциаты из молекул воды и спирта с приблизительно равным отношением числа молекул. Скорее всего, такие гидраты существуют в виде цепочечных структур — что-то вроде линейных или разветвленных полимеров.

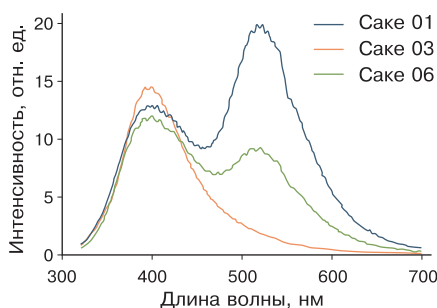
Высказанная 145 лет назад гипотеза Менделеева о том, что могут существовать соединения спирта и воды, получила развитие. Только сегодня мы отказываемся от представлений о том, что устойчивые соединения воды и спирта плавают в растворе. Вместо этого мы предполагаем, что в растворе есть гидраты различного типа, и они существуют как участки в непрерывной структуре из молекул воды и спирта, соединенных водородными связями. Каждому типу гидратов соответствует «спектральный портрет», так как силы водородного связывания в них различны. Эти гидраты не изолированы, водородные связи между молекулами постоянно разрываются и образуются вновь, так что в колебательных спектрах мы регистрируем усредненные «портреты».

Помимо лабораторных водно-спиртовых растворов, мы исследовали алкогольные напитки. Оказалось, что с помощью спектроскопических методов можно быстро и бесконтактно определить крепость напитка и наличие неко-

торых микропримесей, как полезных, так и нежелательных. Интересные результаты мы получили для японского саке — традиционно получаемого методом ферментации с помощью специальных плесневых грибов из риса и воды.

Оказалось, что если саке приготовлено по традиционной технологии, то в его спектре флуоресценции отчетливо проявляются два максимума (рис. 4). Напротив, у искусственного напитка, полученного разбавлением ректифицированного спирта с добавкой сахара и пищевых добавок, максимум только один. Длинноволновый максимум флуоресценции в настоящем саке обусловлен свечением полифенольных соединений, которые в искусственном просто отсутствуют. Когда мы поделились этой находкой с профессором Ходзэ, то получили от него новые образцы, исследование которых подтвердило обнаруженную закономерность: чем качественнее саке, тем больше в нем полифенольных соединений и тем больше интенсивность длинноволнового пика флуоресценции.

Конечно, тема водно-спиртовых растворов волнует не только наших соотечественников. Профессор Шефер из университета Цинциннати в своей лаборатории исследовал водно-спиртовые растворы и коммерческие алкогольные напитки методом ядерного магнитного резонанса. При этом он обратил внимание на так называемую «структурированную» водку, у которой на спектрах



4  
**Определение качества напитков с помощью флуоресцентной спектроскопии.** Флуоресценция образцов саке при возбуждении УФ светом. Левый пик — флуоресценция спиртовой основы, правый пик — флуоресценция полифенольных соединений

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ЯМР отсутствует пик ОН-группы этанола — есть только пик ОН-группы воды. Считается, что этот напиток обладает мягким вкусом и у него нет резкого запаха спирта. Если это так, то, возможно, причина как раз в том, что практически все молекулы спирта «запаяны» в клетки из молекул воды и образуют динамические клатраты.

Ученые, работавшие в советских лабораториях, знали секреты разбавления спирта водой: обязательно кипятком и интенсивно перемешивая. Полагалось еще приговаривать волшебные слова, хранившиеся в глубокой тайне. Теперь мы понимаем — это не было магическим действием. Так рождалась новая технология, способствовавшая образованию водородных связей и клатратной структуры.

Профессор Ходзэ, автор книг «Саке: химия и созревание» и «Потребление спиртных напитков и здоровье», давно исследует водородные связи в растворах и алкогольных напитках. Он показал, что сила водородных связей зависит не только от концентрации этанола, но и от наличия микропримесей — таких, например, как неорганические и органические кислоты, фенольные соединения. Исследовав множество образцов виски и саке, он пришел к выводу, что именно сила водородного связывания отвечает за вкус и потребительские качества алкогольных напитков. Чем сильнее водородные связи, тем лучше напиток. А крепость 40 градусов не обязательна...

Кстати, о вопросе в начале статьи. Нам приходилось слышать два варианта ответа: поллитра и 500 грамм. Как вам кажется, какой из них встречается чаще?

*В работе над водно-спиртовыми растворами на физическом факультете МГУ имени М.В.Ломоносова также принимали участие С.А.Буриков, Т.А.Доленко, Ю.В.Старокуров, В.И.Южаков*



# Ирвинг Ленгмюр: СССР глазами союзника

Кандидат химических наук  
**А.С. Садовский**

Шестьдесят пять лет назад Ирвинг Ленгмюр побывал в Москве на торжествах, посвященных 220-летию Академии наук. Они стали частью общего праздника Победы над фашистской Германией. Спустя год в журнале «Сайнтифик мансли», который в 1957 году объединился с «Сайнс», вышла его статья «Наука и стимулы в России», которая позволяет ближе познакомиться с личностью автора и вспомнить нашу историю. Расскажем сначала о нобелевском лауреате, а потом приведем обширные цитаты из этой статьи.

## Ленгмюр, человек и журнал

Ирвинг Ленгмюр, кажется, не оставил возможности другим проявить себя в столь обширной области естествознания с такой же обстоятельностью. Этим и можно объяснить решение назвать солидный международный журнал коротким словом «Ленгмюр» (в текущем году он отмечает уже 25-летний юбилей). К сожалению, если перечислить всю обширную тематику этого журнала по поверхностным явлениям во всех средах, то все равно дела решить не удастся — останутся другие области, где вклад Ирвинга Ленгмюра значителен. Это модель атома и химической связи (теория Льюиса—Ленгмюра), описание плазмы — четвертого состояния материи (им придумано и само это слово), механика сред (колебания в плазме и циркуляция в открытых водоемах) и многое-многое другое.

В апреле 1932 года «Сайнтифик мансли» присудил Ленгмюру солидную премию — треть по цене от Нобелевской: этим было отмечена его заслуга в доработке лампы накаливания, которая светит уже около 100 лет, и метода водородной сварки. Так что сейчас большую часть освещения в наших домах дает именно лампа Ленгмюра, а не Эдисона — у последнего она горела в буквальном смысле, то есть перегорала. Чтобы этого избежать, все последователи Эдисона



стремились достичь глубокого вакуума; Ленгмюр же понял, что надо действовать совсем наоборот — заполнить колбу лампы инертным газом. Тогда вольфрам не будет быстро улетучиваться с раскаленной поверхности нити.

В том же году «за открытия и исследования в области химии поверхностных явлений» он получил и Нобелевскую медаль. (У Ленгмюра в последствии было много почетных наград, но эти — первые.) Традиционная лекция ученого оказалась посвящена взаимодействию газов с поверхностью металлов, образованию поверхностных пленок, адсорбции и изотерме, катализу, а также адсорбированным пленкам в растворах. На работу с Катарин Блоджетт в докладе сделана всего одна ссылка из тридцати семи, а сейчас ни одна область высоких технологий не обходится без техники мономолекулярных пленок Блоджетт—Ленгмюра.

Во время и после Второй мировой войны Ленгмюр занимался атмосферными явлениями — задымлением, фильтрацией, борьбой с обледенением самолетов, рассеиванием облаков с помощью твердого  $\text{CO}_2$  и йодистого серебра. Почти все перечисленные работы могли быть опубликованы в журнале «Langmuir», ведь все это — физическая химия дисперсных систем. За 37 лет работы у него набралось 54 объемных тома рабочих записей и 63 патента на изобретения.

Солидного канонического жизнеописания Ирвинга Ленгмюра, подобного книге из серии «Жизнь замечательных людей», не существует. В различных статьях и биографических очерках встречаются неточности. Да и расхожий образ

Ленгмюра — блестящего ученого, которому компания «Дженерал электрик», (сокращенно GE) предоставила самое совершенное оборудование для разнообразных фундаментальных исследований и обогатилась за счет его работ, — не совсем точен. Правда, он и сам говорил: «Я начал работать в лаборатории GE в 1909 году над явлением высокого вакуума в лампах с вольфрамовой нитью и стал вводить в баллон лампы различные газы, желая увидеть, что произойдет. Все это я делал просто ради удовлетворения своего любопытства». А на банкете по поводу присуждения ему Нобелевской премии Ленгмюр говорит следующее: «Ученого побуждает к действию главным образом любопытство и стремление к истине... Он находит огромное



Обложка юбилейного номера журнала



*Ирвинг Ленгмюр посещает Институт им. Л.Я. Карпова тогда еще Наркомхимпрома, где встречается с А.Н. Фрумкиным и М.И. Темкиным (сидит спиной). У всех троих ученых есть именные уравнения изотерм адсорбции. Фото сделал профессор М.А. Проскурнин, автограф получен Н.В. Кульковой, постоянной читательницей журнала «Химия и жизнь»*

удовлетворение в открытии новых фактов, но еще большее удовольствие он получает, видя, как его результаты включаются в структуру научного знания... и используются его коллегами для дальнейшего развития науки».

Любопытство, конечно, присутствовало в его работе, но было и другое. История о том, что в новую лабораторию GE Ленгмюр пришел поработать на летних каникулах ради интереса, вместо горного похода — это научно-популярная сказка. Он пришел подработать — банально нужны были деньги. Зарплаты преподавателя химии в Технологическом институте Стивенса ученому не хватало даже на жизнь, хотя он был еще холостым. Так что приходилось использовать любую возможность: дополнительные часы, платные услуги и даже химический анализ образцов динамита. За три года постоянных переговоров о повышении зарплаты Ленгмюр написал всего одну малозначащую статью.

Детство у Ленгмюра было радостным и светлым. Родители заботились о том, чтобы их дети получали достойное образование. Отец семейства, вероятно, ради продвижения по службе занял пост представителя Нью-Йоркской страховой компании в Париже. Он имел право на бесплатный проезд и брал сына с собой в поездки по всей Европе. Случалось, они навещали самого старшего сына Артура в Гейдельберге. Он-то и приобщил младшего брата к химии и к альпинизму, вместе они совершали походы в швейцарские Альпы. Впоследствии, как писала в 1932 году газета «Таймс», «старший брат — теперь доктор Артур Комингс Ленгмюр, эксперт по шеллаку и глицерину, вознагражден одной тыся-

чью долларов из ленгмюровской премии за первые уроки по химии». (Заметим, что эта Нобелевская премия составила всего 30 тысяч долларов: тогда зеленый банковский билет был весомее.)

Зимой 1898 года отец во время служебной поездки через океан простудился и умер от воспаления легких. Семья все же смогла выкроить средства на то, чтобы Ирвинг получил хорошее образование: средняя, а потом горная школа Колумбийского университета и аспирантура у Нернста. Но после этого (1906) мать и брат Артур решили, что Ирвинг должен пойти работать на фирму, где больше платят. Много лет спустя Ленгмюр вернулся к проблемам оплаты и организации научного труда, но совсем на другом уровне, когда он сам возглавил научный центр GE. Именно эти проблемы привлекали его пристальное внимание во время второго визита в СССР. Первый был сразу после вручения ему Нобелевской премии в 1932 году.

### Почти экспромт

Идею отметить весной 1945 года 220-летие Академии наук с приглашением иностранных гостей одобрил И.В. Сталин на встрече с президентом академии В.Л. Комаровым в ноябре 1944 года. Предыдущий, 200-летний юбилей праздновали в 1925 году осенью. Четкого объяснения, почему даты юбилея изменились, нет (возможно, и по недоразумению). Постановление о приглашении зарубежных гостей приняли в Политбюро лишь 5 мая 1945 года, а приглашенных было более тысячи. Смогли или захотели приехать 123 делегата из 19 стран. Видных физиков среди них не было, что и понятно, так как многие за-

## ХИМИКИ – НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

нимались новой бомбой. Исключение составили только супруги Кюри.

Ленгмюр пишет: «Девятнадцатого мая 1945 года, менее чем через две недели после окончания войны в Европе, я получил короткое письмо из посольства СССР в Вашингтоне, приглашающее меня «принять участие в торжествах, которые состоятся в Москве и Ленинграде с 15 июня по 28 июня по случаю празднования 220-й годовщины Академии наук СССР». В постскриптуме было сказано, что «путевые расходы и расходы по пребыванию в СССР будут оплачены Академией наук СССР». Никакой другой информации от посольства, касающейся запланированных встреч, не было.

Я запросил Государственный департамент относительно возможности получения паспорта и приоритета поездки (то есть очереди на поездку; не будем забывать, что еще идет война с Японией. — А.С.). Там не получили никакого официального извещения об этих приглашениях, но некоторые другие приглашенные, как и я, уже звонили. Было неясно, можно ли будет послать более двух делегатов из Америки, но меня просили позвонить на следующий день за дополнительной информацией. Назавтра мне сказали, что паспорта и приоритеты будут выданы всем приглашенным. Времени было мало, приходилось лететь самолетом, выбрать же маршрут ранее двух дней до отъезда из-за напряженности армейского графика не удавалось.

Я заполнил все, что смог, и написал письмо, указав в нем, что Госдепартамент сообщил мне о невозможности выбора конкретного маршрута за несколько дней до отъезда. Я должен был быть в Москве 14 июня и предложил, чтобы Госдепартамент сам заполнил пропуска. Я подтвердил советское приглашение по телефону и сообщил письмом, что транспорт должно обеспечить правительство Соединенных Штатов. Вечером в понедельник, 4 июня, я внезапно получил телеграмму: в ней говорилось, что я должен быть в Нью-Йорке к полудню вторника, чтобы получить надлежащие визы в мой паспорт, который следует доставить специальным посыльным из Вашингтона. (Когда же в начале июля



я возвратился из поездки по России, я узнал: Госдепартамент спустя несколько дней после моего прибытия в Москву написал мне, что мой паспорт и заявление на поездку отклонены, потому что заполнены не все пункты анкет.)»

Сначала готовились лететь на советском транспортном самолете с ограничением багажа через Аляску и Сибирь. «Среди делегатов физиков не было, хотя приглашено было 112 человек. Таким образом, набралось пять химиков, два археолога, два метеоролога и по одному человеку от математики, биологии, медицины, астрономии, и машиностроения». Мест в самолете не хватало, к тому же он оказался не совсем исправным. «Наконец, Госдепартамент и президент Трумэн все устроили: делегация будет доставлена самолетом С-54 в Тегеран через Ньюфаундленд, Азорские острова, Касабланку и Каир. Русский самолет встретит нас в Тегеране, а возвратимся мы из Москвы на самолете до Фэрбенкса и оттуда в США армейским самолетом.

Мы, наконец, оставили Нью-Йорк рано утром 10 июня и прибыли в Россию через Баку на Каспийском море в 8 часов утра 14 июня, проведя 24 часа в Каире. В Баку нас встретила группа местных чиновников и членов недавно сформированной Академии наук Азербайджана. Мы были там в 8-30 утра и попали на банкет из 25 различных блюд, включая два вида икры, копченого осетра, холодного и горячего мяса и рыбы, несколько сортов вин. Хотя в течение нашего короткого пребывания в Каире некоторые члены нашей делегации приобрели нечто вроде дизентерии (болезнь быстро вылечили сульфамидными лекарствами), мы были уверены, что в России можно безопасно пить воду. Я увидел большой графин на столе перед собой и, только наполнив стакан, внезапно обнаружил, что это водка, которая содержит 50% спирта. Нам всегда попадались водка и вода в одинаковых графинах.

После не слишком тщательного осмотра багажа мы в прекрасную погоду оставили Баку, и полетели через Сталинград в Москву, на расстояние порядка 1100 миль... Прибыв в Москву приблизительно в шесть вечера, мы были встречены большой делегацией видных русских ученых, включая П.Капицу, А.Фрумкина и Я.Френкеля — все, с кем я ранее встречался».

На следующее утро Ленгмюр настоял, чтобы ему и еще некоторым делегатам обменяли дорожные чеки на рубли. Это оказалось непросто. Пришлось на время взять паспорт Ленгмюра (зачинщика всего дела) из гостиницы, пригласить представителя из «Интуриста», ехать во Внешторгбанк... «Нам дали рубли по официальному валютному курсу пять рублей к доллару. (Американское посольство и его

штат получают 12 рублей на доллар.) До конца нашего пребывания мы все пытались найти способы потратить эти деньги (250\$ в рублях на всю группу).

Эта и многие подобные ситуации помогли нам понять, как по России путешествовали другие делегации вроде нашей. Эдгар Сноу недавно написал из Москвы, что во всем Советском Союзе находятся только 260 американцев. Всюду мы встретили предельную доброту, но все те, кто заботился о нас, получили новый опыт, столь же новый для них, как и для нас».

### «Зачем вам русские деньги?»

«Непонимание этой экономической системы пробуждало у меня много вопросов. Я нашел, что покупательная способность людей определена всеобъемлющей карточной системой, которая применялась к пище, одежде, сигаретам, жилплощади, железнодорожному транспорту и даже билетам в оперу. Карточная система служит основанием для замечательной системы стимулирования, которая доминирует в русской жизни. Эта система стартовала в 1931 году, когда советское правительство провозгласило, что люди должны «работать по способности и получать по труду»... Распространение тарифов в России еще больше, чем в Соединенных Штатах. Например, если человек работает по высокому разряду, он может получить в пять раз больше производственных карточек. Только вообразите протесты, которые возникли бы в Америке в войну, если профессор колледжа или президент компании получили бы более богатый рацион, чем фабричный рабочий. В России, однако, с тех пор как они приняли мощную побудительную систему и стали оплачивать работу преимущественно карточками, логично, что распределение продовольствия и других нормированных товаров зависит от количества сделанной работы или выполненных этапов.

Нормированные товары продаются здесь только в определенных магазинах по низким постоянным ценам, приблизительно таким же, как перед войной. Эти цены по курсу пять рублей за доллар совсем не отличаются от тех же в Соединенных Штатах. Во многих случаях питание, выделяемое человеку, много больше того, что он способен употребить сам. Это означает, что он может поделиться с друзьями или даже продать излишек на свободном рынке. Например, люди, которые не курят, могут покупать полагающиеся им сигареты по низким ценам и затем продавать их на улице за один рубль (20 центов) каждую.

Есть также множество других управляемых правительством магазинов, называемых коммерческими, которые в Москве все носят вывеску «Гастроном». В этих магазинах нет никаких ограниче-

ний, но цены фантастически высокие, в 10—100 раз выше тех, что в магазинах, продающих товары по карточкам. Каждый рабочий или служащий получает много больше денег, чем необходимо для покупки выделенного количества нормированных товаров. Излишек можно тратить только на товары по чрезвычайно высоким ценам. Неудивительно, что деньги не имеют большого значения.

В коммерческих магазинах баланс спроса и предложения устанавливается гибкими ценами, а не заработной платой. Высокие цены в этих магазинах отражают военные дефициты. Уже перед июнем 1945 года было два снижения цен, в среднем приблизительно на 25% каждое, и я думаю, что в дальнейшем также будет существенное снижение. Интересно, что книги и другие товары, которые, как принято считать, имеют культурное значение, продаются почти по тем же ценам, что в Англии и Америке.

Кроме того, есть много свободных рынков, где любой может покупать, продавать или обменивать изделия без правительственных ограничений на цены. Конкуренция естественно делает эти цены несколько ниже, чем в коммерческих магазинах. В одной только Москве таких рынков 49. Продукция, полученная колхозниками на их частных одноакровых усадьбах (40 соток), на этих рынках продается по высоким ценам. На железнодорожных станциях, где останавливался поезд из Москвы в Ленинград, мы видели, как фермеры продавали молоко по 4 доллара за стакан при повышенном спросе на их продукт... Неудивительно поэтому, что крепкие крестьянские дети, на вид лет шести, одетые в тяжелую зимнюю одежду, потому что, по-видимому, у них не было никакой летней, могут (в Москве) покупать очень маленькие порции мороженого по 2 доллара... Несколько дней спустя, в антракте оперы, мы пошли в ресторан, где была накрыта легкая закуска. Мы увидели, что одна порция французского печенья стоила восемь долларов, чашка чая или бокал пива три с половиной доллара. Плитки шоколада продавали по 85 доллара за фунт; вазочка мороженого — шесть долларов. Все здесь тем не менее было переполнено, и люди стояли в очереди, чтобы купить мороженое».

### Система стимулов

«Существует много других способов стимулирования. Специальными призами награждают фабричных рабочих с самой большой выработкой продукции. Женщины, работавшие переводчицами в течение нашего пребывания в Москве, получили не только свою обычную зарплату, но и в качестве награды купоны, которые давали им право купить две пары шелковых чулок по низким ценам.



Для ученых есть другой вид стимула. Как раз перед ежегодной сессией Академии наук тринадцати российским ученым присвоили самые высокие награды — звание Героя Социалистического Труда; 196 получили орден Ленина, которым всего несколько месяцев назад наградили Молотова. В общей сложности произведено 1400 награждений. Статья, появившаяся в «Московских новостях» в июне 1945 года, носит название «Наука служит людям». В ней утверждается: «Никогда прежде ученый не пользовался таким вниманием государства и таким уважением общества, как в Советском Союзе... Государство создает наилучшие условия для жизни и работы ученому и гарантирует достойную жизнь семье после его смерти».

Русские постоянно отмечают, что их система стимулирования быстро увеличивает эффективность производства, и, таким образом, это один из основных факторов, которые помогут сделать Россию великой и обеспечить высокий уровень жизни. Когда я выражал удивление, что так много внимания уделяется стимулам, обычно мне отвечали: «А я думал, что это характерная черта вашей капиталистической системы в Америке, где большие блага даются тем, кто становится лидером или занимает важное положение в промышленности или бизнесе». Я же должен был объяснить, что первоначально Америка была одним из достижений капиталистической системы, но в последние годы наше правительство зарегулировало и обложило все побудительные выплаты налогами и специальными законами так, что в значительной степени подавило инициативу».

Более четко эту мысль Ленгмюр высказал, вернувшись из СССР, в сенате на слушаниях Закона об оказании федеральной помощи научным исследованиям. «От нашего прошлого мы унаследовали систему стимулов (свобода личности, свобода мысли, свобода предпринимательства, система патентования и т.п.), более действенную, чем аналогичные системы других стран. Есть признаки постепенного исчезновения пионерского духа в Соединенных Штатах. Сегодня мы рассуждаем о тридцатичасовой рабочей неделе — о праве на место, не на труд. Мы придаем слишком большое значение социальному обеспечению и слишком малое — развитию возможностей».

## Юбилейные торжества

«В течение этих 18 дней большую часть нашего времени в Москве и Ленинграде занимали неофициальные контакты в институтах, которые мы захотели посетить. Я, естественно, выбрал области химии и физики. Российские ученые свободно говорили о своей работе и показывали мне все в своих лаборатори-

ях, но они никогда не интересовались ни работой, которую проделали мы в течение войны, ни промышленными достижениями Америки.

Наука в России во время войны прогрессировала сильнее, чем мы ожидали. В некоторых областях русские занимают ведущее положение в мире. Достижения в сельскохозяйственной науке, особенно по химии почвы, замечательны. Геологическая работа, проведенная только в советской Азии, превысила, возможно, в пятьдесят раз то, что сделало британское правительство в Индии».

«Юбилейные торжества включали три банкета на 1100 гостей, устроенные со всей щедростью, присущей довоенной России. Последний из этих банкетов прошел в московском Кремле в присутствии Сталина и Молотова, который был тамадой. Перед отъездом из Америки меня не раз предупреждали о чрезмерной выпивке на таких банкетах. В Москве, только за несколько часов до банкета в Кремле, человек из посольства Соединенных Штатов говорил мне, что это будет «чрезвычайным делом» и что за тосты Сталина, которых может быть и тридцать, полагается пить только водку; каждый должен выпить полный стакан, и отказ считается оскорблением. На самом деле я увидел, что пили меньше, чем обычно в Америке. На этих трех банкетах я видел только одного человека, который достиг немного некорректной стадии. Приблизительно половина русских отвечала на тост Сталина просто аплодисментами; другие, похлопав, поднимали бокалы и делали глоток или два вина, водки или лимонада. Насколько я мог судить по наблюдениям за учеными, привычка русских к выпивке сильно преувеличена.

В целом, я полагаю, российские ученые, за исключением нескольких областей, продвинулись меньше, чем Англия и Америка. Они, однако, принимают научную программу, более обширную, чем у любого другого правительства, и с их духом новаторства, энтузиазмом и общей оценкой значения науки, по моему мнению, они вполне могут двинуться вперед с большей скоростью, чем мы.

В течение 1934—1941 годов советское правительство поняло всю опасность немецкой агрессии. Вместо того чтобы принимать политику умиротворения, как другие правительства, они запустили огромную программу военной подготовки, которая давала возможность им в конечном счете (только с 8% оборудования, поставляемого по ленд-лизу) отвести немецкие армии от Сталинграда до Берлина. Это было сделано, жертвуя более высоким жизненным уровнем, иначе было бы невозможно.

Я жил в Германии студентом с 1903 по 1906 год и впоследствии посещал эту страну много раз. Я всегда тревожился



## ХИМИКИ – НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

агрессивным, милитаристским духом немцев, их идеями относительно расового превосходства, и особенно их верой, что моральные сомнения не должны иметь никакого места в международных отношениях. Один видный немец сказал мне в 1921 году, что он считал правительство Соединенных Штатов преступно небрежным за неукрепление канадской границы».

Ленгмюр вывез из СССР некую простую, идеализированную картину нашей жизни — на карточки прожить было ой как трудно, «шарашки» им не показывали, а ГПУ и законодательство по труду стимулировало куда лучше орденов. Его статья завершается тостом, провозглашенным в Якутске хозяевами, принимающими делегацию на пути из Москвы в Фэрбенкс: «За советскую Академию наук, за наших ученых гостей и за Советский Союз, во имя вечного мира!»

Известный американский историк Э.Поллок говорил, что Ленгмюр «никогда не симпатизировал Советам. Он открыто констатировал, что советская система имеет свои преимущества в гонке вооружений: прежде всего, за счет принесения в жертву уровня жизни, игнорирования каких-либо проблем трудоустройства и превращения науки в приоритетную для всей страны сферу деятельности».

Как видно из приведенных здесь отрывков, это не совсем так. Конечно, потом в разгар холодной войны, выступая в сенате, Ленгмюр не мог говорить о врагах с симпатией. Тем не менее он оставался к СССР вполне толерантным. «Если мы должны жить с другими нациями, которые имеют другие идеалы, мы не можем настаивать на том, чтобы наши понятия свободы и демократии преобладали всюду. Такие отношения надо основывать на компромиссе и мудрой государственной политике. Они не должны решаться посредством лозунгов». Очень полезно вспомнить эти слова накануне 65-й годовщины победы над фашизмом, ведь ныне к американцам часто встречается отношение не как к союзникам по «горячей» войне, а как к противнику по холодной.





## Инъекция от депрессии

В Книге Экклезиаста сказано: «Кто умножает познания, умножает скорбь». Но, вопреки сказанному, научно-популярные книги, написанные учеными, всегда отличаются оптимизмом. Особенно он воодушевляет на фоне апокалиптических прогнозов от журналистов и политиков. Людям, склонным к депрессии, имеет смысл с газет переключиться на книги такого рода. Впрочем, читатели газеты «Neues Deutschland» имеют возможность еженедельно получать заряд оптимизма как раз со страниц этого издания, в котором есть раздел науки и ведется колонка на научные темы.

Одним из колумнистов «Neues Deutschland» оказался профессор аналитической биотехнологии Райнхард Реннеберг, бывший «восточный немец», ныне живущий и работающий в Гонконге. Небольшие статьи, написанные в течение нескольких лет для «Neues Deutschland», он объединил в книгу для тех, кому интересны достижения современной биологии, однако недостаток образования не позволяет понять специальную литературу. Короче, для большинства из нас. В 2009 году книга вышла в русском переводе в серии со странным названием «Для кофейников» издательства «Техносфера». Русское название книги «Кошкин клон, Кошкин клон... и другие биотехнологические истории» практически дословно воспроизводит немецкий заголовок. Причем для немецких читателей слова «Katzenklon, Katzenklon...» созвучны началу комического двустишия о кошачьем туалете, видимо, широко известного в Германии. Такая вот немецкая шутка. Для русского же читателя название звучит загадочно — тем и привлекательно. С обложки улыбаются разбойничьи морды двух одинаковых пятнистых котят. В общем, книгу хочется открыть и посмотреть, соответствует ли содержание оформлению обложки.

Книга, как уже было сказано, состоит из по-газетному коротких заметок (и это действительно биотехнологические истории). Газетный формат не предпо-

лагает химических формул — их и нет. Зато есть картинки. До 2004 года их рисовал знаменитый немецкий карикатурист Манфред Бофингер, или Великий Бофи, как его с любовью называет Райнхард Реннеберг. Потом, к сожалению, автору пришлось искать другого художника. Им стал китаец Минг Фай Чоу. Каждая история сопровождается одной-двумя картинками. Райнхард Реннеберг находит их невероятно смешными и остроумными. Возможно. Читатели «Химии и жизни», избалованные графикой высокого уровня, могут не вполне с этим согласиться.

Как особое по нынешним временам достоинство книги следует отметить квалифицированный перевод и редактуру. Для русского читателя даются уточнения, разъясняются термины, вносятся поправки в случае неточностей. Почти нет ошибок, по крайней мере, химических, разве что малахитовый зеленый назван трифенилметаном. Да и корректор выловил не всех «блох».

Поскольку статьи, а затем и книга были написаны для читателей-непрофессионалов, даже сложные биохимические процессы Райнхард Реннеберг старается описывать доступно и образно. Небольшой объем статей требует бойкости изложения. Каждый рассказ заканчивается ударной фразой «на злобу дня». Например, статья об антидепрессантах заканчивается фразой: «Здесь, в Гонконге, я придумал собственное средство против немецкой депрессии: пульт дистанционного управления! Я выключаю немецкий канал сразу же, как только заходит речь о мучительных раздорах среди берлинцев. Я просто не в состоянии терпеливо наблюдать за экспериментом по торможению обратного захвата серотонина в прямом эфире». А рассказ о креме от

морщин на основе эпидермального фактора роста, полученного с использованием генно-модифицированных бактерий, завершается словами: «Мой сын Томми, не поднимая головы от компьютера, утешил меня: “Папа, я уберу твои морщины за пять минут и совершенно бесплатно — фотешопом”». Такая навязчивая «связь с жизнью» в конце каждой статьи, а также вялый политкорректный юмор снижают впечатление от книги.

А книга-то очень и очень достойная! При небольшом объеме она вмещает разнообразную информацию об ученых (биологах и химиках), датах и истории открытий, веществах и биохимических процессах.

Начинается книга с рассказа о самом древнем биотехнологическом производстве — пивоварении. Кто бы мог подумать, в Древнем Вавилоне производили 20 сортов пива, причем у вавилонского пива был кисловатый привкус из-за побочного молочнокислого брожения! А знаете ли вы, что трансгенную рыбку, светящуюся при химическом стрессе (реакция на загрязнение водоема) за счет гена люминесцентной медузы, уже продают аквариумистам в США? Такие истории есть почти в каждой статье.

На страницах книги автор рассказывает о знаменитых Фрице Габере, Дороти Кроуфут-Ходжкин, Тадеуше Рейхштейне, Александре Флеминге и многих других прославленных ученых и их открытиях. Из рассказа «Злодей Пастер» мы узнаем (если кто не знал об этом раньше), что Луи Пастер, не имевший медицинского образования, делал прививку от бешенства без предварительного испытания вакцины, в том числе и ребенку. По нормам современной биоэтики это недопустимо! Но результатом оказалась победа над бешенством. Здесь есть о чем поразмышлять.

Аспирин, хинин, лакмус, экстази, кофеин, индиго, аспартам, фруктоза, глутамат натрия... Перечень веществ, о которых в книге сообщаются интересные факты, займет целую страницу. Например, при ловле рыбы в Юго-Восточной Азии, оказывается, применяют запрещенный препарат цианид калия. Каким образом? И как эта проблема связана с аналитической биотехнологией? Читайте в книге Райнхарда Реннеберга.



### Р. Реннеберг.

«Кошкин клон, Кошкин клон... и другие биотехнологические истории», Москва, издательство «Техносфера», 2009

## Как подружились питерец и москвич

Мы привыкли к шуткам и серьезным рассуждениям о различиях в речи москвичей и петербуржцев. «Порebritки», «шавермы», «карточки» и «булки», многократно повторенные в непривычном для московского уха смысле, уже поднадоели. Поэтому название книжки Ольги Лукас «Порebritки из бордюрного камня» вызвало скорее легкое раздражение, чем интерес. Но захотелось взглянуть на картинку (художник Наталья Поваляева), и глаз наткнулся на анкету в конце книги, заполненную «Питерцем» и «Москвичом». По стилю это напоминает приколы «Квартета И» – уморительно смешно. И книга была куплена.

О покупке жалеть не пришлось. Речь в этой книге идет не только и не столько о речевых различиях, сколько о разнице в мироощущении, жизненной стратегии, бытовой культуре жителей этих городов. И рассказывается об этом, во-первых, смешно, а во-вторых, по-доброму. «Во-вторых» даже важнее. Потому что тема соперничества Москвы и Петербурга почему-то звучит все чаще и приобретает порой какой-то истерический оттенок. Неужели эта взаимная неприязнь – не выдумки? Среди знакомых ее не видно, но вдруг мы просто отстали от жизни? Книга Ольги Лукас успокаивает: да нет, все в порядке! Мы, конечно, разные, но добрые, в сущности, ребята!



Книга издана в Петербурге, и автор ее, скорее всего, проводит в этом городе много времени. Это видно, например, по хорошему знанию питерской топографии: «Петр I... радел не только о том, чтобы беспрепятственно грозить отсель шведу, окопавшемуся на том берегу, где сейчас окопалось Ленэнерго». А еще это заметно по более детальному описанию петербургских типов: среди жителей города есть Питерцы, Питерские, Петербуржцы и Ленинградцы. И Ольга Лукас кратко, но остроумно рисует их отличия. Москвичи, разумеется, тоже бывают разные, однако в книге они делятся лишь на Москвичей и Москвичек.

**О. Лукас.**

«Порebritки из бордюрного камня. Сравнительное петербургомосковведение», Санкт-Петербург Издательский дом «Комильфо», 2010

Образ Москвича узнаваем: жизнерадостный, самодовольный, без комплексов, трудоголик. «Москвич всегда трактует правила дорожного движения в свою пользу, где бы он ни был — по ту или по эту сторону ветрового стекла». «На москвича чувство вины не давит никогда. Зато на него давят многочисленные кредиты». Похоже? А вот еще: «Для того чтобы обидеть москвича, надо его сначала догнать». «Москвич протестует часто — поэтому он никогда не мерзнет». А вот Питерец: рефлексивный, обидчивый, нерешительный, жалостливый. «Если вы хотите обидеть питерца — просто поговорите с ним минут пять о чем угодно. Повод для обиды он найдет сам». «Питерец — птица тревожная, он всегда настороже и готов к самому скверному раскладу, даже если ничто не предвещает беды». Почитав книгу О. Лукас, обнаруживаешь в себе черты и Москвича, и Питерца. Эти персонажи не раздражают и не вызывают протеста. Свой брат, москвич, хоть и прост, как самокат, но славный парень. А жалеющий кошек и дворников питерец близок нам по духу. В конце книги они подружатся.

**Е. Лясота**



## Московский Дом Книги СЕТЬ МАГАЗИНОВ

**Сергей Южаков**

Лекарственные средства: полный словарь-справочник 2010  
М.: Эксмо, 2010.



**Л**екарственные средства» Южакова — это преемник всемирно известного справочника М.Д.Машковского, выдержавшего за последние полвека 16 переизданий. В книге доступно изложены необходимые сведения обо всех лекарственных средствах, разрешенных к продаже в РФ в 2010 году. Традиционная структура позволяет быстро найти необходимое лекарство, а при отсутствии его в аптеке справочник поможет подобрать аналог. Книга полезна всем, кто бережно относится к своему здоровью, в том числе и людям без медицинского образования; она дает возможность проверять при необходимости показания, дозы и формы выпуска, правила приема назначенных препаратов; учитывать основные побочные эффекты и противопоказания.

**Владимир Цирельсон**

Квантовая химия.  
Молекулы, молекулярные системы и твердые тела  
М.: Бинум, Лаборатория знаний, 2010



**А**втор рассказывает о теоретических основах квантовохимических методов расчета молекул, молекулярных систем и твердых тел, а также излагает современные представления о химической связи и межмолекулярных взаимодействиях. Обсуждаются интерпретация результатов квантовохимических расчетов, различные методы расчета свойств химических веществ. Информация, необходимая как химику-исследователю, так и химику-технологу в условиях современных наукоемких производств, представлена в доступной форме. В книге много наглядных иллюстраций. Для студентов, аспирантов, докторантов, преподавателей химических факультетов классических, педагогических и технологических

университетов, а также для широкого круга специалистов в различных областях химии, физики, биологии и материаловедения.

**Юрий Золотов**

Химики еще шутят  
М.: КД Либроком, 2010  
6-е издание, исправленное и дополненное



**К**оллекция забавных историй и легенд, шуточных определений и остроумных высказываний химиков и о химиках. Это новое дополненное издание книги, написанной российским химиком-аналитиком, автором многих научных монографий, академиком РАН Ю.А.Золотовым. В нее вошли истории, передаваемые устно на химическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова и в кулуарах институтов, воспоминания самого Юрия Александровича, а также переводы отдельных публикаций в иностранных периодических изданиях.

# Раки-инопланетяне

В.Лешина



Эти существа появились больше 400 млн. лет назад, у них потрясающе быстрая реакция, и они очень сообразительны. Но главная загадка — почему у этих созданий самая совершенная зрительная система на Земле.

1  
Раки-богомолы

Речь пойдет об одном отряде ротоногих ракообразных, который по-латински называется Stomatopoda, а по-английски mantis shrimp — «креветки-богомолы». Отряд насчитывает больше 400 видов, и по-русски их зовут раками-богомолы — действительно, их ногочелюсти согнуты точно под таким же углом, как конечности богомола.

Раки-богомолы — одни из самых крупных ракообразных, отдельные их представители могут достигать 40 см в длину. И крупные, и мелкие раки-богомолы живут на мелководье и в рифах тропических и субтропических морей, где копают себе норки. Впрочем, могут опускаться и на глубину. Самого рака обычно не видно — из норки торчат только глазки на стебельках, которыми он вертит как хамелеон (один глаз может смотреть в одну сторону, другой в другую).

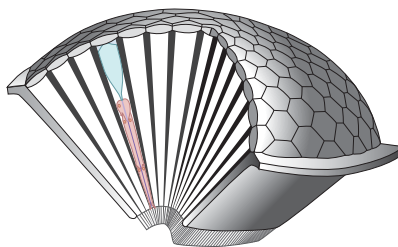
Раки-богомолы — активные хищники и норовят съесть все, что движется. В аквариуме к ним нельзя никого подсаживать — любой другой обита-

тель станет завтраком или ужином. Эти твари совершенно бесстрашны и, хотя всегда оценивают опасность, могут побороться и с осьминогом гораздо больше себя. Представители некоторых видов живут в моногамных браках и заботятся о своем потомстве. Раки-богомолы могут различать своих соседей и даже людей, которые их кормят. Кстати, кормить их рекомендуют только длинным пинцетом!

Специалисты по аквариумной живности не любят с ними связываться.

Крупные виды вообще приходится держать не только отдельно, но и в аквариумах с двойным стеклом — одно неосторожное ваше движение, и ногочелюсть молниеносно разбивает одинарное стекло. По некоторым данным, богомол-насекомое наносит удар примерно за 100 миллисекунд (с такой скоростью мы моргаем), а рак-богомол бьет свою жертву в 50 раз быстрее! Это одно из самых быстрых движений, на которые вообще способны животные.

Ближних и далеких сородичей ротоногие убивают с одного удара. По мнению исследователей, в эволюции раков-богомолов главными объектами «усовершенствования» были средства нападения. Раки становились крупнее, боеспособнее, а возрастающую мощь удара уже не выдерживал их собственный хитиновый покров. Многие из них ярко окрашены (рис. 1) — это предупреждение: «Я опасен». Обычно раки издали подадут друг другу знаки и, прежде чем



2  
Фасеточный глаз ракообразных, состоящий из омматидиев



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

ударить, принимают угрожающие позы: приподнимаются и растопыряют щупальца, чтобы яркие краски стали видны еще лучше.

Угрожающие жесты, да и все, что происходит вокруг них, ротоногие видят издалека — у них отлично развиты органы зрения.

### Совершенные глаза

Джастин Маршалл (Австралия), Том Кронин и Рой Колдуэлл (США) более 20 лет исследуют зрение раков-богомол. Благодаря им мы знаем уже довольно много.

У всех ракообразных, как и у насекомых, фасеточные глаза, составленные из многих ячеек, которые называют омматидиями (рис. 2). Каждый омматидий состоит из роговицы (шестьгранного глазка), конического хрусталика, рабдома — центрального канала, проводящего свет, и окружающих его светочувствительных, или фоторецепторных клеток (рис. 3). На этих клетках есть микроворсинки со светочувствительными молекулами (зрительными пигментами), на-

*Глаз рака-богомол состоит из многих ячеек омматидиев а — Омматидии верхнего и нижнего зрительных полей, а также шести центральных рядов*



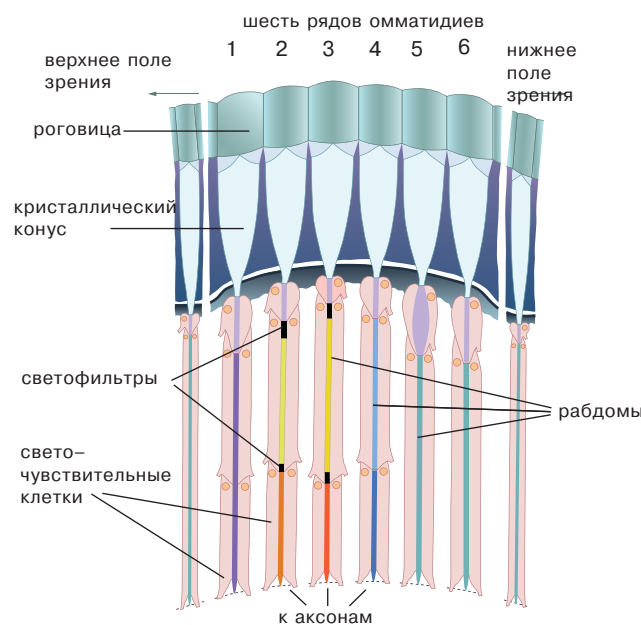
правленные в центральный канал. Свет проходит через роговицу и хрусталик, затем его поглощают зрительные пигменты, и светочувствительная клетка формирует сигнал. Внизу омматидий заканчивается аксонами, передающими полученные сигналы на нервные клетки.

Все зрячие существа на Земле воспринимают цвета по-разному. Это зависит от того, сколько у данного животного типов светочувствительных клеток и соответственно зрительных пигментов (каждый может поглотить свет только с определенной длиной волны), и при каком освещении оно обитает. Например, у обычного десяти-

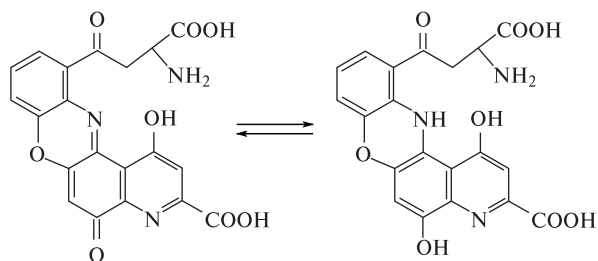
тинового рака один зрительный пигмент (одна воспринимающая цветовая единица), поэтому он различает свет и темноту, но не цвета. У человека три зрительных пигмента в разных клетках: красочувствительный, синечувствительный и зеленочувствительный. Мы видим только эти три цвета в чистом виде, а когда фоторецепторы работают вместе, глаз видит семь цветов радуги. Будто художник смешивает разные цвета.

Что видит рак-богомол? Глаз его состоит из трех частей (рис. 3а): верхнее поле зрения, нижнее поле и между ними шесть рядов омматидиев (они видны на фото как отдельные крупинки). Верхнее и нижнее поле составляют более тонкие омматидии, в которых расположено два типа светочувствительных клеток. Средние шесть рядов — это более крупные и сложные омматидии (рис. 3б), при-

чем каждый ряд имеет свой набор светочувствительных клеток и зрительных пигментов, расположенных ярусами один под другим (омматидии первых четырех рядов имеют по три яруса, в пятом и шестом ряду два яруса). Каждая светочувствительная клетка поглощает свет в своем спектральном диапазоне, от ультрафиолетового до инфракрасного, и потому существо видит этот цвет. Напомним, что сетчатка глаза человека (сложное образование из фоторецепторных клеток и нервных окончаний, которое воспринимает свет и преобразует его в электрические сигна-

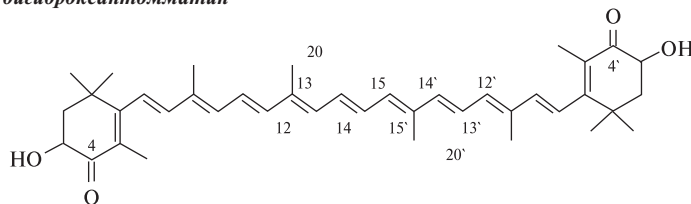


*б — Каждый омматидий имеет роговицу, конический хрусталик и центральную часть рабдом, который окружают светочувствительные клетки. Рабдомы — это многослойные светофильтрующие колонки, в которых расположены зрительные пигменты и светофильтры*



4

**Ксантомматин и дигидроксантомматин**



5

**Астаксантин**

лы) содержит всего три вида клеток, воспринимающих цвета. А раки-богомолы со своими шестью рядами омматидиев, в которых в общем 12 фоторецепторных клеток, видят гораздо более обширную цветовую палитру. Отвечая на вопрос, поставленный в начале этого абзаца, можно с уверенностью сказать: ученые могут понять, как устроено их зрение, но что видят эти существа, мы даже представить себе не можем. Слишком примитивен глаз млекопитающего.

## Цвета рачьей радуги

Попробуем все-таки разобраться с цветами (рис. 36). Верхнее и нижнее поля зрения рака-богомолы содержат по два вида пигмента, воспринимающих свет ультрафиолетового и зеленого диапазонов (305–500 нм). Первый ряд омматидиев (из средних шести) может поглощать свет в ультрафиолетовой и фиолетовой областях спектра (337–470 нм); второй ряд — в желто-оранжевой (460–575 нм); третий — в оранжево-красной (520–700 нм); четвертый — в сине-голубой (305–510 нм). Омматидии пятого и шестого рядов опять в ультрафиолетовом и зеленом диапазоне, как верхнее и нижнее поля (335–500 нм).

На самом деле все еще сложнее. Помимо зрительных пигментов светочувствительных клеток, у раков-богомолов есть еще светофильтры, которые сдвигают восприятие цвета пигментами в более длинноволновую область. Они могут располагаться между кристаллическим конусом и рабдомом, в самих рабдомах на границе между двумя ярусами клеток (эти пигменты называются оmmoхромы), либо вокруг омматидиев (в виде капель каротиноидов).

Когда свет, пройдя через роговицу и хрусталик, попадает на свето-

фильтр, то он поглощает свет с определенной длиной волны, а тот, который не поглотился, проскакивает дальше. Дальше на его пути встречается зрительный пигмент, который также поглощает определенную длину волны, а остаток светового потока проходит еще ниже... Получается светофильтрующая колонка, каждый слой которой одновременно и поглощает свет, и выполняет роль светофильтра для следующего слоя, сдвигая восприятие цвета нижележащего слоя в более длинноволновую область. Например, нижняя зрительная клетка третьего ряда омматидиев имеет оранжевоцветный зрительный пигмент, однако благодаря расположенному над ней светофильтру эта клетка становится красночувствительной и поглощает свет с максимумом 625–700 нм.

Сравним еще раз наше восприятие цвета и раков-богомолов. Зрительные клетки человека воспринимают диапазон длин волн от 400 до 700 нм, а рака-богомолы — 300–700 нм. Иначе говоря, он видит в ультрафиолете, причем различает оттенки этого диапазона. Из 12 цветовых рецепторов рака-богомолы восемь анализируют цвета в видимой для человека области, а четыре в ультрафиолетовой (невидимой для человека). Если человеческий глаз с его тремя видами светочувствительных клеток воспринимает небесную радугу как семицветную, то из скольких цветов состоит радуга у этих членистоногих?

Раки-богомолы различают не только яркость света и множество цветов, что немисливо для любого другого животного. Они воспринимают еще и третий, совсем недоступный нашим органам чувств параметр — поляризация света. Известно, что поляризация меняется при отражении от зеркальной поверхности —

зеркал, стекол, воды. Раки-богомолы видят свет не только с линейной, но и с круговой поляризацией (<http://www.membrana.ru/lenta/?8088>). И в этом они также уникальны. Пока не совсем понятно, зачем ракам это нужно, однако известно, что свет приобретает круговую поляризацию, например, в мутной воде, поэтому способность различать направление ее вращения, возможно, помогает отличить объект от фона. Кроме того, у некоторых видов ротоногих круговой поляризованный свет отражает панцирь самцов, но не самок. Может быть, эта особенность зрения помогает искать партнера.

## Зрительные хамелеоны

Оказалось, что такое сложное зрение — это еще и самоподстраивающаяся система. То есть помимо того, что раки-богомолы видят мир в более богатой цветовой гамме, они умеют подстраивать свое цветовое зрение под ту среду, в которой они живут. К примеру, один и тот же вид ротоногих может жить и на мелководье, и на глубине 30 метров. В глубине меняется состав освещения, а вслед за этим и спектральная чувствительность красных рецепторов рачьего глаза смещается в коротковолновую сторону.

Дело в том, что вода поглощает и отсекает красный свет (620–700 нм), поэтому на глубину проникает только длина волны, соответствующая синему, — и все становится синим. Рако-богомол, который живет на небольшой глубине, пользуется клетками, чувствительными к красному свету. Если этот рак переселяется на глубину 20 м, то эти же клетки «перепрофилируются» и начинают видеть в другой области. Такое происходит не с одним видом раков-богомолов — все эти создания умеют перенастраивать свою зрительную систему «под освещение». Какие химические процессы при этом могли бы происходить?

По мнению исследователей, здесь есть как минимум две возможности, и они связаны с двумя видами светофильтров, о которых шла речь. Оммохромы есть не только в рабдомах, но и в клетках, окружающих омматидии. Один из распространенных оммохромов, ксантомматин (рис. 4), может превращаться в дигидроксантомматин и обратно. В одной форме у него максимум поглощения 450 нм, а если два водорода уйдут, то этот спектр поглощения смещается в более длинноволновую область. Соот-

ответственно он изменит и область поглощения расположенного рядом зрительного пигмента. Возможно, это и есть один из химических механизмов подстройки глаза под другой свет.

Другой механизм может быть связан с еще одним распространенным у ракообразных светофильтром — каротиноидом астаксантином (рис. 5), имеющим благодаря цепочке из девяти двойных связей оранжевый цвет. Максимум поглощения астаксантинового светофильтра — 480 нм. Две мо-

лекулы астаксантина могут образовывать димер, объединяя свои двойные связи, в результате чего максимум поглощения сдвигается к 560 нм. Димеры способны слипаться в олигомеры, объединяющие 16 молекул астаксантина, с максимумом спектра поглощения 630 нм. Синтез такого олигомера и его распад также может помогать раку-богомолу приспосабливаться к переменам в освещении.

Когда исследователи описывают зрительную систему раков-богомолов,

трудно поверить, что подобное совершенство могло возникнуть в ходе естественного отбора. Очень уж сильно они обогнали и всех своих родичей, и нас, млекопитающих. Недаром инопланетян часто изображают членистоногими и с фасеточными глазами...

*Автор благодарит доктора биологических наук П.П.Зака за помощь в подготовке материала.*

## Слух, острый, как зрение, и зрение, абсолютное, как слух



РАЗМЫШЛЕНИЯ

У любого приемника — принимает ли он акустический сигнал, как ухо, или электромагнитный, как глаз, — есть два параметра: чувствительность и спектральное разрешение. Чувствительность — это способность уловить слабый сигнал, а спектральное разрешение — способность различить два сигнала различных частот. Чувствительность зависит от многих других параметров и в первую очередь — от частоты и длины волны, вне рабочего диапазона частот примерно 20 Гц–20 кГц ухо не слышит и вне диапазона длин волн 0,35–0,75 нм глаз не видит. Для простоты будем понимать под чувствительностью ее максимальное значение. У некоторых технических устройств чувствительность зависит и от других параметров, например от времени накопления сигнала, однако ни слух, ни зрение способностью к накоплению сигнала не обладают, так что на это можно в первом приближении не обращать внимания. У приемника акустической поперечной волны (в твердом теле) и у приемника электромагнитной волны можно еще ввести параметр «поляризационное разрешение». Но поскольку ухо такой способностью не обладает, а глаз — в очень слабой степени и только в специальных условиях, дальше мы не будем на этом останавливаться. Желаящие могут получить информацию, задав Гуглу запрос: Гайдингер, поляризация.

Спектральное разрешение можно понимать как способность различить два монохроматических сигнала близких частот, или способность опознать один монохроматический сигнал, как определить, из каких сигналов составлен предъявленный; есть и другие варианты. Мы будем понимать под ним способность к анализу спектра, то есть к ответу на вопрос, из каких сигналов составлен данный.

При таких определениях оказывается, что слух существенно проигрывает по

чувствительности глазу, улавливающему около десятка фотонов. Глаз же проигрывает слуху по способности к спектральному анализу — он ею не обладает.

Определение предельной чувствительности глаза — задача весьма непростая, и эта тема стоит отдельной статьи, но сейчас меня интересует другой вопрос: что будет, если сильно поднять чувствительность слуха? Заметим прежде всего, что резерв чувствительности у слуха есть. Это показали эксперименты, поставленные автором заметки, — одиночное пребывание в необводненных (и то, и то важно!) пещерах. Через несколько часов начинаешь хорошо слышать биение сердца и трение одежды о тело и об одежду же. Конечно, до чувствительности глаза тут далеко, но почему в обычной городской жизни организм не использует эти резервы? Потому, что не хочет оглохнуть. А если поднять чувствительность уха до чувствительности глаза, то понятно, что произойдет. Некоторый же резерв необходим, и вполне возможно, что в каких-то реальных ситуациях наши предки им пользовались.

Со спектральной чувствительностью дела такие. Существует несколько терминов для характеристики феномена, скажем так, хорошего музыкального слуха, дилетанты называют его и абсолютным, и псевдоабсолютным, и просто музыкальным, спорят о том, можно ли его развить, предлагают чудодейственные методики, пишут про эти методики, что это шарлатанство, и так далее. Специалисты ведут свои разговоры, но факт, что музыкант различает десятки нот на десятках инструментов и различает инструменты в большом симфоническом оркестре (более ста исполнителей). Такому спектральному анализу можно только позавидовать. А возможен ли в принципе такой анализ в оптике? Да, возможен. Узкополосные (не рекордные!) интерференционные фильтры имеют полосу пропускания в несколько нанометров, то есть менее процента от длины волны. Причем в

природе такие фильтры возникнуть могли, интерференционные покрытия на крыльях бабочек эволюционным процессом реализованы. Другое дело, что при этом падает мощность сигнала, но ведь и ловить десятков квантов человеку приходится, мягко говоря, нечасто. То есть, похоже, резерв был — но он не потребовался и не был реализован. А что, если его реализовать?

Тогда человек сможет определять не две сотни цветов (не считая насыщенностей — если их тоже варьировать, то несколько тысяч), а на порядки больше. Ибо почти у всех женщин и у большинства мужчин в глазу исправно работают три цветоприменника, а так их было бы более ста! В результате человек видел бы не просто те или иные цвета, которые он видит сегодня в природе и художественных музеях, а спектры, то есть мог бы распознать, какие именно краски смешивал художник. Возможно, что для этого потребовалось бы усовершенствовать обработку сигналов уже в мозгу, а при трех цветоприменниках это, видимо, и не давало эволюционных преимуществ.

В результате радикально изменилась бы живопись, ибо нарисовать тот цвет, который есть в природе, можно было бы только теми же красками — то есть точно теми же веществами. Поэтому живопись осталась бы только ахроматическая и «цветоабстрактная». Ровно то же произошло бы с фотографией. Со временем были бы созданы способы синтеза спектра и создания «точно тех же» цветов (уже сейчас можно представить, как это сделать), но стоили бы они запредельные суммы.

Вот, правда, с защитой денег и вообще документов дело обстояло бы проще — подделывать краску было бы очень трудно — требовалось бы точно повторить состав.

**Л.Хатуль**

**skOmm.ru**  
СНЕЖНЫЙ КОМ

## Хорошие тексты в достойном оформлении

«Месть в домино» — фантастический детектив, «Сиамский ангел» — сборник мистических повестей. Казалось бы, совершенно не схожие книги, но их объединяет обращение к лучшим человеческим чувствам, обе они — о любви. Обе — написаны признанными мастерами слова.

**Узнавайте первыми  
о новых книгах издательства!**

Сообщество в Живом Журнале

**snezhnycom**

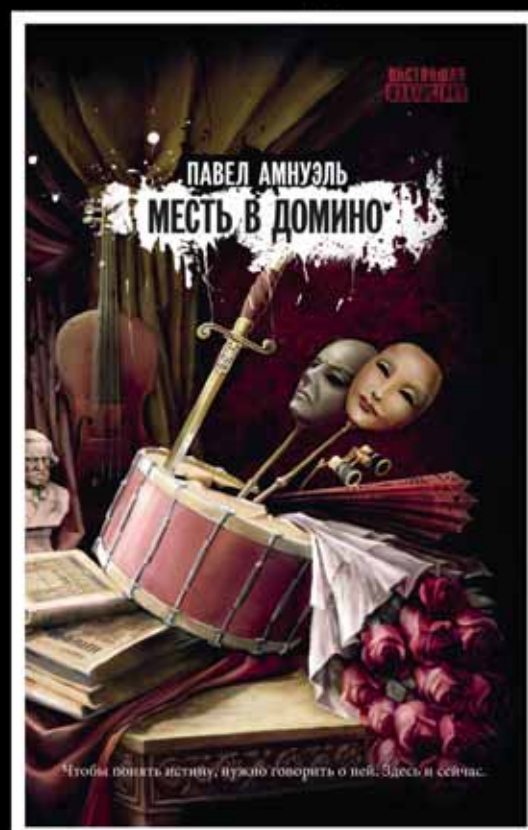
<http://community.livejournal.com/snezhnycom>

новости, опросы, отзывы

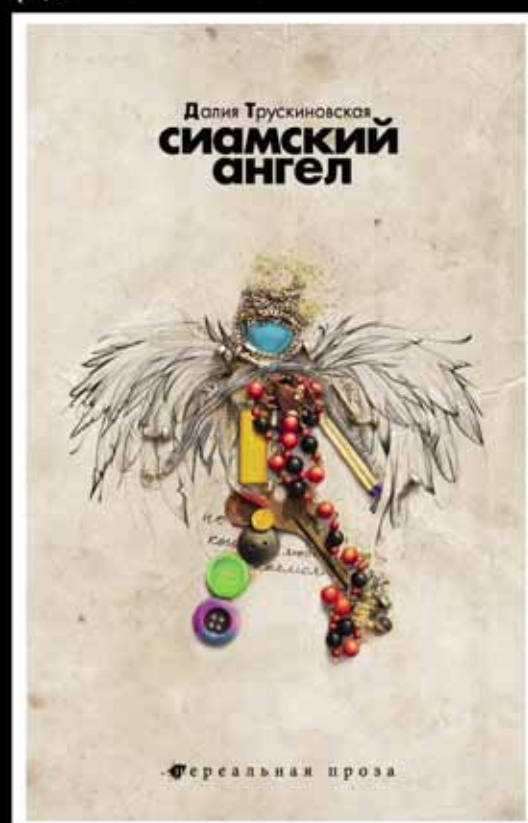
Спрашивайте в магазинах книги из серий  
«Нереальная проза» и «Настоящая фантастика»



Павел Амнуэль  
**МЕСТЬ В ДОМИНО**



Даля Трускиновская  
**СИАМСКИЙ АНГЕЛ**







ЗАО «Катакон»  
Институт физики полупроводников СО РАН  
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

# СОРБОМЕТР™

## АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокomпозитов, 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-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

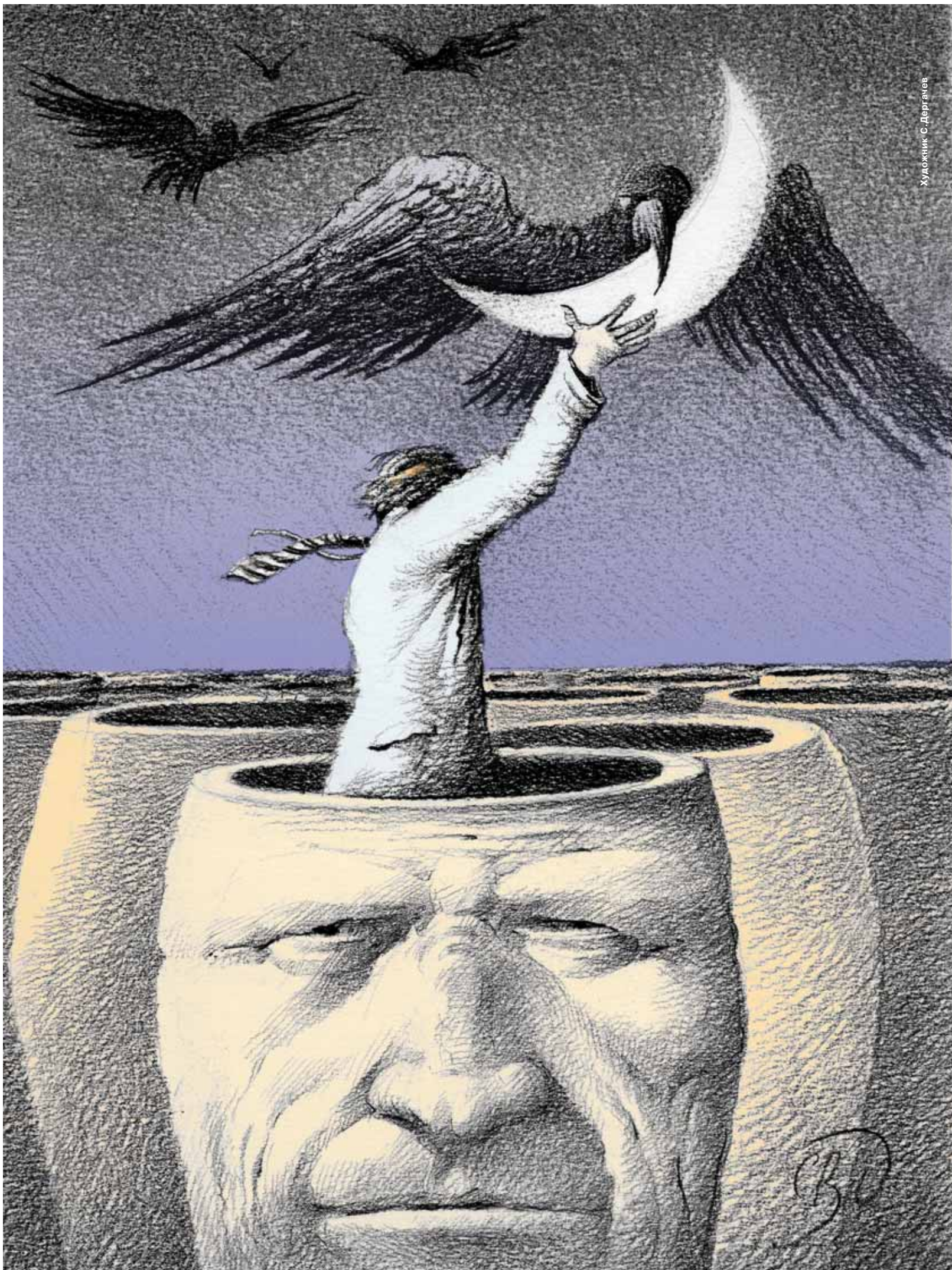
### Области применения

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

Россия, г. Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева, 5

тел.: +7 (383) 326-97-71, факс: +7 (383) 330-87-61

e-mail: [catacon@ngs.ru](mailto:catacon@ngs.ru), [www.catacon.ru](http://www.catacon.ru)



30

# Фиалка

Татьяна Томах



ФАНТАСТИКА

Расследовать убийство назначили глора. Первым делом он замкнул защитный контур усадьбы. Потом велел всем находиться в своих комнатах и не появляться без крайней нужды в коридорах и тем более в саду.

Устроившись с этюдником возле окна, Вил с неприязнью и тревогой наблюдал, как глор бродит по саду. Обследует каждый сантиметр дорожки у пруда — то ли ощупывает, то ли обнюхивает камни длинными гибкими щупальцами, вертит во все стороны выпуклыми блестящими глазами на концах тонких отростков.

Сквозь решетку беседки был виден край белой скалтерти и уголок желтой шелковой подушки. Должно быть, мертвая хозяйка дома все еще сидела там, уставившись неподвижными глазами на воду и уронив на подлокотник плетеного кресла костлявую руку с роскошными перстнями.

Вилу почудилось, что один глаз глора вдруг пристально уставился на него. Вил дрогнул и, отодвинувшись в глубь комнаты, спрятался за край тяжелой бархатной портьеры. Отложил этюдник, на котором так и не сумел сделать ни одной линии. Больше всего на свете ему хотелось бы оказаться подальше отсюда. Лучше всего где-нибудь на другой планете.

— Так, — скрипуче сказал глор, разглядывая Вила всеми тремя глазами, но под разными углами. Голос шел снизу — должно быть, транслятор был вмонтирован у него под форменным серым панцирем, защищавшим нежное тело. — Так. Художник?

— Боюсь, я вам ничем не помогу, — торопливо ответил Вил. — Я всего несколько дней здесь.

— Подробнее.

— Что, простите?

— Зачем, откуда, как?

\*\*\*

Это был первый частный заказ Вила.

— Попробуй, — предложил хозяин галереи (он охотно выставлял работы Вила). — Что случайными продажами перебиваться? Твоя последняя пустыня — это... мороз по коже, одним словом.

— Мороз? — удивился Вил.

— Да нет, жарко от нее, конечно. И пить охота. А барханы, как звери, вроде подползают со всех сторон. И смотрят.

— Так и есть.

— Жутко, одним словом. Уж на что я привычный... Да, так вот я сразу и подумал: почему бы тебе не нарисовать эту старуху?

— Кого?

— Семейный групповой портрет. Она меня замучила, эта ведьма. Поддай ей хорошего художника! А ей лет сто уже, бабке. Того и гляди, помирать. Хотя с ее деньгами еще столько можно прожить на искусственных органах. Ну, да не мое дело. Аделаида Гейс, слышал?

— Еще бы, — присвистнул Вил.

— Почему вы думаете, что ее убили? — спросил Вил. — Она... Аделаида Гейс ведь уже старой была.

— Медицинское обследование. Гарантийный срок — десять лет.

— Она могла жить еще десять лет?

— Так. — Один глаз глора пристально смотрел на Вила, два других оглядывали комнату. — Это есть ваша работа?

— Да. Здесь наброски. Такая технология: я сначала делаю наброски с натуры. Потом, перед тем как писать картину, просматриваю их и... Простите, это ведь вам не интересно?

— Я не художник, — ответил глор. — Не знаю.

Он осторожно поднял двумя щупальцами матрицу для набросков, а третьим потрогал чистую поверхность. По белой глади мнимо-холста прошла рябь, будто кто-то окунул палец в неподвижную воду. Глор вернул матрицу на место.

— А подозреваемые есть? — неуверенно спросил Вил.

— Так.

— Кто?

— Мальчики. Дворецкий. Сель. Вы. — Глор мигнул — белая пленка на секунду закрыла блестящий шарик глаза. — Прошу откланяться. Беседа закончена. Можете выходить из комнаты.

\*\*\*

Вил думал, что найдет Сель в ее садике. Или в библиотеке.

Она сидела в холле на узком диванчике перед огромным зеркалом. Ее лицо выражало явную растерянность. Бедная девочка! Вил подвинул шелковые подушки и присел возле ног Сель.

— Испугалась? — спросил тихо. Она посмотрела на него мельком и снова уставилась куда-то в пространство. — Теперь ты можешь уехать. То есть потом, когда это расследование закончится.

Он нашел ее ладошку — узкую, прохладную, спрятавшуюся под подушку, как напуганный зверек в норку. И опять задал вопрос, теперь дрогнувшим голосом:

— Ты хочешь уехать со мной, Сель?

Девушка обернулась, удивленно посмотрела незнакомым далеким взглядом.

— Сель, — сказал Вил, — все пройдет.

Из-за этого ее взгляда почему-то тоже стало страшно. Бедная! Такая нежная, впечатлительная... Наверное, потрясена смертью этой жуткой чужой старухи. Хотя они даже не родственники, Аделаида ведь просто удочерила и воспитывала девочку.

Вил погладил тонкие прохладные пальчики Сель, склонился, прикоснулся к ним губами, согревая дыханием.

— Я люблю тебя, — проговорил он. — Думаешь, это невозможно, чтобы всего за несколько дней? Я сам так думал, пока не увидел тебя. В самую первую минуту — вошел и увидел, как ты разговариваешь с этими своими цветами... Как их — фиалками, да?

\*\*\*

...Она гладила круглые пушистые листья, как маленьких зверьков.

— Извините, извините, все теперь будет хорошо.

Голос взволнованно дрожал, и глаза, взглянувшие на Вила, блестели от слез.

— Что-то случилось? — спросил он.

— Ой! — Девушка улыбнулась, поставила лейку на пол. — Я вас не видела. Вы кто?

— Художник. Я приехал... только что. Какая-то беда с цветами?

— Мальчики отодвинули шторы, и цветы чуть не сгорели. Знаете, здесь такое солнце! А фиалкам это совсем нельзя. А они ведь цветы — не могут сами встать и уйти. Даже сопротивляться не могут, когда их убивают. Я открываю шторы на закате, чтобы они погрелись под вечерним светом, а иначе... Вам правда интересно? Хотите лимонада или чая? Вы устали?

— Еще как. Мальчики?

— Не думаю, что они специально.

— Ну конечно. Это те два милых молодых человека, которые так любезно указали утром мне дорогу к дому?

— Да, наверное.

— Конечно, они совершенно случайно проводили меня как раз к тренировочной площадке с зыбучим песком.

— Ой!..

— Пустяки. Я бывал в настоящей пустыне. Два часа по шею в песке, испорченная одежда, пара потерянных этюдников... право, ничего серьезного. Хуже, если бы на моем месте оказался кто-нибудь со слабым сердцем и без опыта прогулок по зыбучим пескам.

— Ой, извините, пожалуйста!

— Вас-то за что? Думаю, так же не специально эти изобретательные молодые люди чуть не убили ваши цветы. Их кто-нибудь воспитывает, не знаете?

— Сама Аделаида, — смущенно ответила девушка. — Это ее любимые правнуки.

— А вы?

— Я не любимая, — грустно улыбнулась девушка. — Я — так. Никто...

\*\*\*

— Ты уедешь со мной, Сель? Помнишь, ты говорила: уехать бы куда-нибудь подальше от этого дома, увидеть другие города и миры, зеленые моря Тианы, горы Колиза, сады Розета... Помнишь, ты показывала мне картинку?..

\*\*\*

— А вот, смотри, Вил, какие сады... Здесь водоемы, они соединяются узкой протокой, а вечером каждый подсвечивается особенным цветом. Получается, как россыпь драгоценных камней... А здесь растут лотосы, можно плавать в теплой воде и смотреть, как они распускаются...

— Пожалуй, ты превратишься там в русалку.

— Почему?

— Потому что у тебя сейчас так мечтательно блестят глаза... Сель, скажи, почему получилось, что такое чудо, как ты, выросло в этом гадючнике?

— Ты о чем?

— Эти чудовища-мальчики, которые так и норовят устроить какую-нибудь гадость если не окружающим, так друг другу. А их родители, которые приезжали на выходные, выплясывают и унижаются перед бабкой — подзреваю, в борьбе за будущее наследство. И Аделаида — она, как паук в паутине, наслаждается этим всем цирком... Что ты здесь делаешь, Сель?

— Меня не спрашивали, — грустно улыбнулась девушка.

— Сель, Сель! Милая, давай уедем отсюда. Я бы сам уже сбежал отсюда, если бы не ты. И работа... У меня ни черта не получается с работой, понимаешь. Только ты... Знаешь, сколько твоих портретов я уже нарисовал, Сель?

— Вместе с тобой?

— Хочешь?

— Уехать... вместе с тобой... — Светлые глаза Сель были полны надеждой и отчаянием. — Да, хочу. Я так хочу. Ты такой... Ты совсем не такой, как они. Нет, она меня не отпустит.

— Да кто она, эта Аделаида? Кто она тебе? Тюремщица?

— Она не отпустит...

\*\*\*

— ...Сель, милая, ведь теперь ты можешь уехать, да? Аделаиды больше нет.

— Ее нет, — согласилась Сель. — Старухи больше нет.

Она улыбнулась и посмотрела на Вила. Ему стало уютно под ее взглядом.

— Может быть, — задумчиво, растягивая слова, сказала Сель, — я и уеду с тобой. Почему нет? — Она погладила Вила по щеке холодным пальцем, легонько цапнула ногтем. — Ты милый.

Ее усмешка почему-то показалась неприятной.

— Да, — ответил он. Отнял ее ладонь от своей щеки, неловко улыбнулся и ушел к себе.

\*\*\*

«Мальчики. Дворецкий. Сель», — вспомнил Вил бесстрастный голос глора... Сель. Неужели она могла?.. Эта — могла, вдруг подумал он. Ему до сих пор было холодно от ее оценивающего взгляда и улыбки. Что ее так изменило? Известие о смерти старухи? Или — убийство?..

В своей комнате он расставил вдоль стены наброски для портрета Сель, долго смотрел на них. Нет, он не мог так ошибиться. Она не могла быть убийцей.

\*\*\*

— Почему ты лгать? — Голос глора, поднявшего Вила

среди ночи, казалось, звенел от гнева.

— Что? Я?

— Почему не говорить, кто ты есть?

— Я — художник. — Вил часто моргал, привыкая к яркому свету, а щупальца глора ловко и быстро раскладывали на полу наброски Вила.

— Психический художник! — рявкнул глор и больно ткнул щупальцем в грудь Вила.

— Что?.. А, ну да. Сейчас почти все художники...

— У нас — нет! — важно проговорил глор. — Что здесь есть? — уже спокойнее спросил он, махнув щупальцем в сторону набросков.

— Подготовка к моей картине. Но на самом деле ничего не получается, я думаю...

— Что здесь есть?

— Вы не видите? — удивился Вил.

— Другой чувство, — хмуро ответил глор. — Что?

— А-а... Извините, я не знал...

— Что?

— Это — старуха, — смущенно пояснил Вил, указывая на набросок, лежавший с краю.

— Как ты ее рисовал?

— У меня получился паук.

— Так, — произнес глор. Три глаза пристально смотрели на Вила. — Ты рисуешь истинный суть? Так?

— Нет, не совсем. Я рисую то, что чувствую в данный момент. Отличие пси-живописи от обычной в том, что рисуют и передают не взгляд, а ощущение. Так ярче, ближе, доходчивей. В обычной живописи я смотрю-чувствую-представляю-рисую, а зритель смотрит-представляет-чувствует. Длинная цепочка. Много теряется по дороге, понимаете? Пси-живопись передает чувство напрямую. Но при этом я могу ошибаться, и тогда эта ошибка передается зрителю. Понимаете?

— Я понимать, что старуху ты видел, как она — паук? Так?

— Так, — вздохнул Вил.

— Остальные?

— Мальчики — драконы. Ну, такие еще маленькие дракончики. — Вил хмыкнул. — Вредные, но неопасные. Пока. Пока кусаются друг с другом. Вот они, этот набросок.

— Дальше.

— Родственники — всякие пресмыкающиеся. Вот тут, смотрите. Я, собственно, почти сразу понял, что у меня ничего не получится. Вряд ли им... ну... понравится такой семейный портрет.

— Дальше.

— Что дальше?

— Кто есть еще?

— Сель.

— Что Сель?

— Цветок. Фиалка. Такие, знаете, растут в тропиках. Очень красивые. Не роскошные, потому что роскошные они, знаете, почти всегда хищные, ну вроде росянок, а фиалки такие почти незаметные, но очень милые. И нежные.

— Все есть животные, кроме Сель? Сель — растение?

— Да.

— Так. — Глаза глора собрались в треугольник, со-



## ФАНТАСТИКА

ставляя улыбку. — Так и есть, психический художник, Вил. Жаль, ты не сказать мне раньше.

— Постойте, — повысил голос Вил. — Я не понимаю...

— Нарисуй цветок-Сель сейчас. Ты поймешь.

\*\*\*

Вил догнал глора уже возле ворот усадьбы.

— Расследование закончен, — обернулся глор, махнув щупальцем. — Все свободны.

— Пожалуйста, объясните мне. Кто... кто убийца?

— Убийства не было, психический художник.

— Как? Но...

— Сель-растение. Улики — на Сель. Она сидела со старухой в беседке. Но Сель — растение. Я искал улики на других. Нет. Тогда я делал тест Сель.

— Какой тест?

— Ты уметь рисовать суть, глор уметь проверять суть.

— Тест на способность убить?

— Так.

— И что?

— Сель может убить. Значит, Сель не убивала. Убийства не было, психический художник.

— Я ничего не понимаю. Постойте. Как это? Почему вы сказали, что Сель — растение?

— Ты видишь суть, я знаю. Старая женщина растила себе второе тело заменить.

— Клон? Сель — это клон Аделаиды?

— Так. Старая женщина решила менять тело. Старая женщина надела тело Сель, ее никто не убивал. При перемене тела бывает краткий амнезия. Или старая женщина решила пошутить и придумать расследование своего убийства, которого не было. — Глор опять сложил глазами улыбку-треугольник. — У вас есть чувство юмор, так? — И он легонько ткнул Вила в бок щупальцем.

— Постойте! — крикнул Вил. — Стойте. Вы же... вы же здесь полицейский, да? Почему вы ее не арестовали?

— Убийства не было.

— Как не было? Как? Она ведь... она убила Сель!

У него перехватило горло. Сель... Такая беззащитная, нежная, особенная, чудесная...

«Я люблю ее, — подумал он. — И я больше никогда...»

— Не убила. Сель — растение. А вы, — глор ткнул щупальцем в грудь Вила, — вы животные.



# Рис

**Что за растение рис?** Рис посевной (*Oryza sativa*) известен человечеству с каменного века. Родиной этого злака считают Южную Азию. Он популярен в тропических и субтропических странах с муссонным климатом, при котором пашню надолго заливают водой: она становится непригодной для других растений, а рис преспокойно растет в воде от посева до созревания. Вообще-то столько влаги ему не нужно, но слой воды, покрывающий поля, защищает растения от перегрева и сорняков.

В VII—VIII веках завоеватели-арабы завезли рис в Испанию, а с XV века о нем узнали и в других европейских странах. Однако в застойной воде рисовых полей прекрасно себя чувствуют комары — переносчики малярии. Поэтому в Италии, Франции и Испании издавали специальные законы, запрещавшие рисосеяние, чтобы не умножать очаги болотной лихорадки. На Руси рис появился в XV веке, но называли его сарацинским зерном или сарацинской пшеницей, а на Украине слово «сарацинская» переименовали в «сорочинская». Название «рис» в России стали использовать только в XIX веке. (Интересно, что в некоторых странах до сих пор сарацинским зерном называют гречку.)

**Чем полезен рис?** Несомненное достоинство риса — отсутствие в нем глютена. Этот белок, характерный для большинства злаков, вызывает у многих людей аллергическую реакцию, а рис можно всем. Кроме того, рис содержит мало натрия, следовательно, не удерживает жидкость в организме, поэтому его рекомендуют тем, кто стремится похудеть и вывести шлаки.

А теперь о том, что в рисе есть. Это источник калия и фосфора, цинка, железа, кальция и йода, а также витаминов группы В. Рис содержит клетчатку, каротин и незаменимые аминокислоты валин, лизин и метионин. Увы, вся эта полезность заключена в рисовой оболочке, а белый шлифованный рис ее лишен и состоит в основном из крахмала. Но зато такой рис питателен (100 г продукта содержит 360 ккал) и прекрасно усваивается, поскольку не содержит грубых пищевых волокон. Крахмалистый рис полезен при повышенной кислотности желудочного сока. Кроме того, он хорошее закрепляющее средство.

**Как обрабатывают рис?** Рисовое зерно многослойно. Зародыш и окружающий его запас питательных веществ (белая рисина) укрыты коричневой отрубевой оболочкой, а она, в свою очередь, завернута в жесткую желтую шелуху. В этой шелухе рис привозят с поля, и называется он необрушенный, или «падди». Зерна сушат, отделяют от соломы и сорняков и удаляют внешнюю рисовую шелуху. Перед нами коричневый рис. Цвет ему придает отрубевая оболочка, которая содержит большую часть полезных веществ. Затем удаляют и эту оболочку и получают шлифованный рис, белый, гладкий и крахмалистый.

В магазинах продают еще пропаренный рис. Для его получения необрушенные зерна замачивают в воде, затем обрабатывают горячим паром под давлением, сушат и шлифуют как обычный рис. После обработки паром до 80% витаминов и минералов переходят из отрубевой оболочки в зерно, которое приобретает желтоватый оттенок.

Коричневый рис самый полезный, но хуже хранится и дольше варится, а в готовом виде тверже белого. За ним по полезности следует пропаренный, но самый потребляемый рис — все-таки белый.

Рис «быстрого приготовления» уже сварили, потом высушили и упаковали. По вкусу и аромату он уступает обычному белому рису, специалисты советуют смешивать его с коричневым.

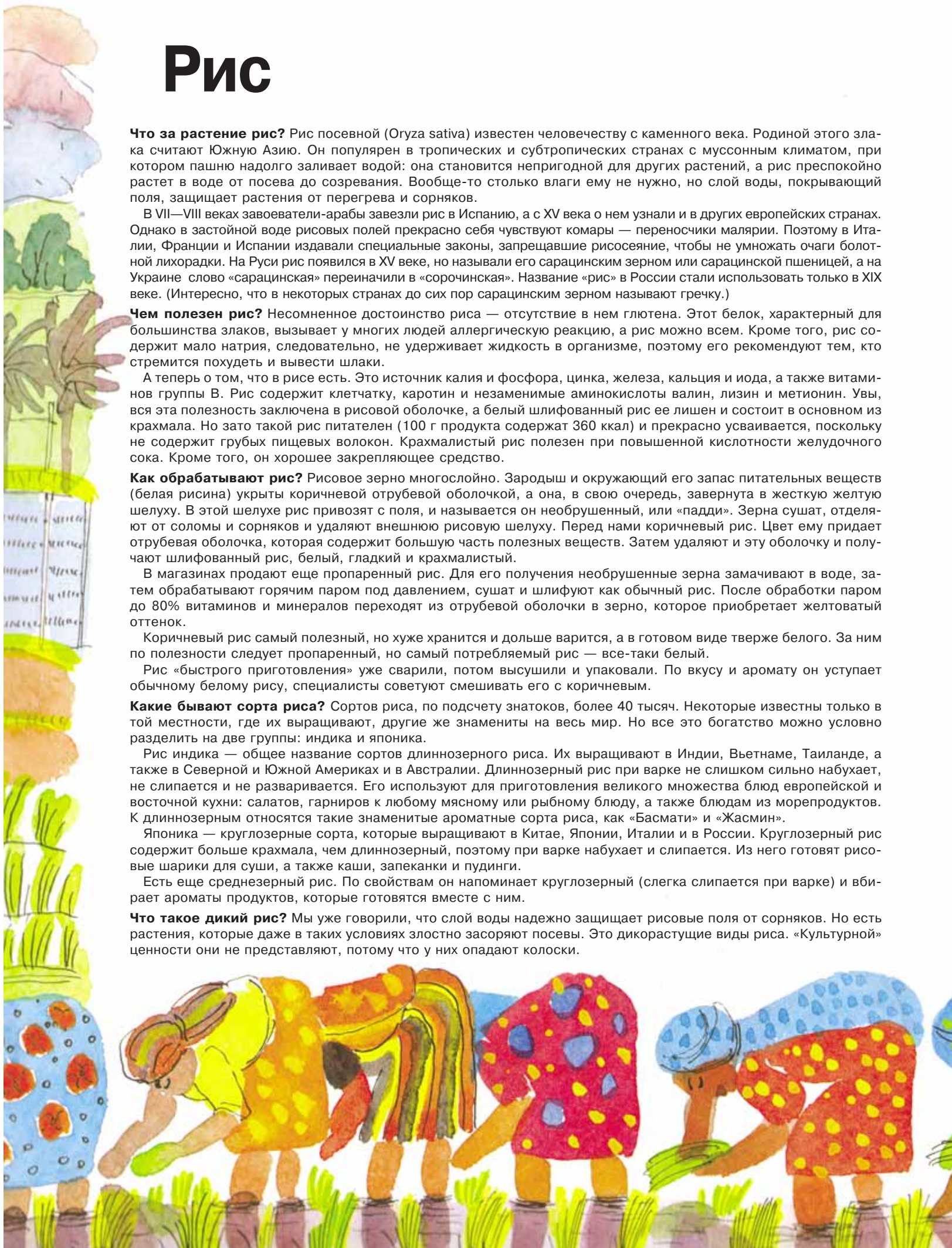
**Какие бывают сорта риса?** Сорта риса, по подсчету знатоков, более 40 тысяч. Некоторые известны только в той местности, где их выращивают, другие же знамениты на весь мир. Но все это богатство можно условно разделить на две группы: индика и японика.

Рис индика — общее название сортов длиннозерного риса. Их выращивают в Индии, Вьетнаме, Таиланде, а также в Северной и Южной Америке и в Австралии. Длиннозерный рис при варке не слишком сильно набухает, не слипается и не разваривается. Его используют для приготовления великого множества блюд европейской и восточной кухни: салатов, гарниров к любому мясному или рыбному блюду, а также блюдам из морепродуктов. К длиннозерным относятся такие знаменитые ароматные сорта риса, как «Басмати» и «Жасмин».

Японика — круглозерные сорта, которые выращивают в Китае, Японии, Италии и в России. Круглозерный рис содержит больше крахмала, чем длиннозерный, поэтому при варке набухает и слипается. Из него готовят рисовые шарики для суши, а также каши, запеканки и пудинги.

Есть еще среднезерный рис. По свойствам он напоминает круглозерный (слегка слипается при варке) и вбирает ароматы продуктов, которые готовятся вместе с ним.

**Что такое дикий рис?** Мы уже говорили, что слой воды надежно защищает рисовые поля от сорняков. Но есть растения, которые даже в таких условиях злостно засоряют посева. Это дикорастущие виды риса. «Культурной» ценности они не представляют, потому что у них опадают колоски.



А продолговатые черные зерна, продаваемые под названием «дикий рис», принадлежат растению другого рода — *Zizania aquatica*. Это североамериканская водная трава, семена которой отличаются повышенным содержанием клетчатки, белков и микроэлементов: магния, фосфора, цинка и марганца. Фолиевой кислоты в диком рисе в пять раз больше, чем в коричневом: один стакан зерен содержит дневную норму витамина.

Зерна дикого риса очень жесткие, их даже замачивают перед готовкой на несколько часов и варят 40–60 мин. Нередко дикий рис продают в смеси с длиннозерным, в этом случае его предварительно обрабатывают, чтобы он варился быстрее. Эту смесь используют как гарнир к рыбе.

**Как приготовить рис?** Сортов риса великое множество, и специалисты точно знают, какой из них как готовить: замачивать ли предварительно, и если да, то на какое время и в какой воде (соленой или пресной). Промывать ли рис до и после приготовления, и если да, то сколько раз... Краткая статья не вместит эту премудрость, поэтому ограничимся общими рекомендациями.

После обработки на шлифованных зернах риса остается крахмальная пудра. Чтобы получить рассыпчатый рис, эту пудру надо предварительно хорошенько смыть. Нешлифованный рис перед варкой лучше замачивать, так он быстрее приготовится и будет вкуснее.

Основных способов приготовления риса два: кипячение (или погружение) и впитывание. При кипячении рис засыпают в большой объем кипящей подсоленной воды и варят, не закрывая крышкой, 10–15 мин, пока зерна не станут мягкими. После этого воду сливают и промывают горячий рис кипятком из чайника, чтобы он не слипся. Но при погружении питательные вещества уходят в воду, поэтому разумнее готовить рис впитыванием. Воды при таком способе должно быть вдвое больше, чем риса. Рис с необходимыми приправами и специями доводят до кипения, затем плотно закрывают крышкой и варят на минимальном огне 10–15 мин. При этом вся жидкость впитывается в рис. Во время готовки крышку лучше не поднимать, иначе из кастрюли уйдет пар и зерна склеятся. Перед подачей на стол рис разрыхляют вилкой.

Существуют специальные клейкие сорта риса: как их ни готовь, они слипнутся. Поэтому внимательно читайте надписи на упаковке, там нередко бывает указано, для каких именно рисовых блюд предназначен данный сорт.

**Что такое «золотой рис»?** Бедное население азиатских стран, которое питается в основном дешевым шлифованным рисом, страдает от недостатка витаминов. Чтобы сделать рис более полезным, специалисты Международного института риса генетически модифицировали этот продукт таким образом, чтобы не только его оболочка, но и зерна содержали бета-каротин — предшественник витамина А. Из-за каротина зерна такого риса имеют золотисто-желтый цвет. Продукт находится в стадии разработки и для фермеров пока недоступен.

**Какой прок в рисовых отрубях?** Японцы считают, что отруби риса прекрасно удаляют загрязнения и придают коже глянец и упругость. Для этого мешочек с отрубями опускают в ванну.

Из оболочек и зародышей рисовых зерен отжимают или экстрагируют масло, которое чрезвычайно ценят косметологи, поскольку оно содержит сразу три натуральных антиоксиданта: токоферол, токотриенол и ориванол, а также сквален, естественный компонент кожного сала, который быстро усваивается кожей. Благодаря сочетанию этих компонентов рисовое масло идеально подходит для ухода за сухой и увядающей кожей, причем не забивает поры.

Рисовое масло содержит все полезные минеральные вещества и витамины рисовой оболочки, на нем можно готовить. Оно практически не дымит и не выжаривается, поэтому идеально подходит для приготовления мясных блюд, тушения овощей, заправки салатов и выпечки, а комплекс жирных кислот, который содержится в рисовом масле, способствует профилактике сердечно-сосудистых заболеваний и снижению уровня холестерина в крови.

**Что такое sake?** Кто не слышал про рисовую водку sake? На самом деле sake — не водка, а особый алкогольный напиток, который производят из шлифованного риса, рисовых дрожжей и воды. Сначала рис долго варят на пару, потом воду сливают, добавляют свежую и вносят рисовые дрожжи, или коджи — плесневый гриб *Aspergillus oryzae*. В результате брожения, которое длится 20–30 суток при температуре не выше 15°C, получается жидкость крепостью 10–20 градусов. Обычные дрожжи перестают развиваться уже в 16-градусном спирте, поэтому для производства sake не годятся. Полученную жидкость фильтруют, пастеризуют, разливают в бочки и выдерживают в подвалах год, а иногда и дольше.

Sake необязательно пить горячим, но чем оно теплее, тем быстрее ударяет в голову.

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ

Художник Е. Станикова



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Панспермия в океане



Идея панспермии, то есть распространения жизни во Вселенной из одного источника, волновала и волнует многие великие умы. Неожиданно эта идея получила подтверждение из глубин океана.

Там, в районе подводных вулканов, есть островки совершенно непривычной нам жизни. В ее основе лежит не фото-, а хемосинтез — получение энергии за счет преобразования химических веществ, поступающих из земной тверди с горячей водой. Очевидно, что, удалившись от источника тепла и пищи, обитатель такой экосистемы обречен на гибель. Чем-то это напоминает маленькую модель Вселенной — очаги жизни, окруженные враждебной, холодной и голодной средой. Островки эти не вечны: рано или поздно вулкан пробуждается и тогда для всех жителей его окрестностей наступает конец света. Однако потом жизнь все равно возрождается. Но как?

Исследователям из Вудс-Холлского океанографического института во главе с Лореном Муллино, которые изучали жизнь у подводных вулканов, повезло (агентство «NewsWise», 9 апреля 2010 года). В 2006 году в одном из обследованных ими районов случилось извержение, которое, естественно, уничтожило всю жизнь. А потом она возродилась, и новые виды удалось пересчитать. Тут-то и начались неожиданности.

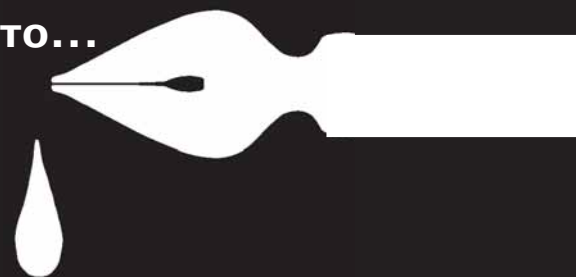
Всегда считалось, что возрождение должно начинаться с видов, проживающих неподалеку. Ан нет: в числе пионеров освоения освобожденного пространства оказались личинки губки вида *Stenopelta porifera*. Удивительно, но ближе чем в 350 километров от места катастрофы таких губок не было. Как же они преодолели это расстояние?

«Скорее всего, личинки попадают в быстрые течения близ дна океана», — говорит Лорен Муллино. Их скорость 10 см в секунду, или 8,6 км в сутки. При времени жизни 30 дней личинка, увлекаемая течением, может добраться до нужного места, однако для этого ей требуется предпринять дополнительные усилия — затормозить свой обмен веществ.

В общем, если бы речь шла о космосе, то сказали бы, что личинка, очутившись в неблагоприятных условиях, впала в анабиоз и находилась в нем, пока не достигла гостеприимной планеты. В космосе дуют яростные ветры — потоки межзвездного газа, выброшенные при взрывах сверхновых, — которые с большой скоростью перемещают большие объемы вещества. Кто знает, может быть, они, как и океанические течения, переносят спящую жизнь от одного островка благоприятных условий к другому?

А.Мотыляев

## Пишут, что...



...обвинения, которые предъявляют ВОЗ и руководителям государств по поводу «паники» вокруг свиного гриппа, по большей части безосновательны, за исключением того, что закупки вакцин на международном уровне были недостаточно хорошо скоординированы («Nature Biotechnology», 2010, т. 28, № 3, с.182)...

...появление ночных светящихся облаков в верхних слоях атмосферы может быть связано с вращением Солнца («New Scientist», 2010, № 2755, с.14)...

...в Москве эксплуатируется более 20 автомобилей ЗИЛ «Бычок», которые используют в качестве топлива диметилловый эфир («Экологический вестник России», 2010, № 4, с.22—24)...

...разрабатывается методика прогнозирования на трое суток вперед средне-суточных концентраций угарного газа и оксидов азота в атмосфере Москвы («Оптика атмосферы и океана», 2010, т.23, № 3, с.211—217)...

...морские малощетинковые черви могут очищать донные отложения от нефти и нефтепродуктов («Сибирский экологический журнал», 2010, т.17, № 1, с.21—27)...

...серьезную угрозу водоснабжению Ростова, Таганрога, Ейска, Волгодонска представляет «цветение» воды — вспышки размножения микроводорослей, вызванные устойчивой теплой погодой («Вестник Южного научного центра РАН», 2010, т.6, № 1, с.71—79)...

...в тумане хуже всего видны синие светодиоды и лучше всего — красно-желтые («Светотехника», 2010, № 1, с.28—30)...

...найден генетический механизм, отвечающий за развитие двусторонней симметрии цветка («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2010, т. 107, № 14, с.6388—6393)...

...редкая генетическая вариация у кукурузы, при которой в зернах накаплива-



## Пишут, что...

ется бета-каротин, представляется перспективной для создания нового сорта, («Nature Genetics», 2010, т. 42, № 4, с. 322—327)...

...электромагнитное терагерцевое излучение на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота полностью нормализует перекисное окисление липидов и активность антиоксидантов у крыс, подвергнутых стрессу («Российский физиологический журнал имени И.М.Сеченова», 2010, № 2, с.121—127)...

...клетки волосяного фолликула человека, выращенные в культуре, способны встраиваться в кожу («Цитология», 2010, т.53, № 3, с.219—224)...

...возможно, в ближайшем будущем удастся выделить районы хромосом, которые отличают млекопитающих от птиц и амфибий («Молекулярная генетика, микробиология и вирусология», 2010, № 1, с.3—8)...

...предложен механизм удержания вещества шаровой молнией на основе двухтемпературной плазмы («Доклады Академии наук», 2010, т.431, № 2, с.177—182)...

...опыт постиндустриальной реформы административно-территориального деления Финляндии может быть полезен для России («Известия Российского географического общества», 2010, т.142, № 2, с.75—81)...

...в российском обществе существовала и существует категория людей, которых целесообразно обозначить термином «нравственная элита» («Психологический журнал», 2010, т.31, № 2, с.5—19)...

...выпускник Новосибирского государственного университета Александр Тельнов, ныне работающий в лаборатории Беркли, выступил с концепцией Космополиса — международного города ученых на территории России («Изобретатель и рационализатор», 2010, № 3, с.16—18)...



Художник С.Дергачев

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Пил, пью и буду пить!

Фраза, вынесенная в заголовок, как нельзя лучше отражает стиль поведения британских пьяниц — об этом свидетельствует исследование, проведенное группой ученых из Ливерпульского университета имени Джона Мура во главе с Марком Беллисом (агентство «AlphaGalileo», 16 апреля 2010 года). А занимались они тем, что ночами бродили по барам в центре таких городов, как Честер, Манчестер и Ливерпуль, отлавливали подвыпивших подданных ее величества, беседовали с ними и предлагали измерить степень опьянения по выдыхаемому воздуху. Этой процедуре согласились подвергнуться 214 человек. Ну а по результатам измерения ученые, естественно, предлагали тем, кто перебрал, больше не добавлять и идти спать. Тем более что в Соединенном Королевстве действует запрет на продажу алкогольных напитков лицам в нетрезвом состоянии.

Результаты работы поразили исследователей. Во-первых, оказалось, что закон не действует: бармены никогда никому не отказывали в лишней кружке пива или порции джина, главное, чтобы клиент смог достать денежки из кармана. А во-вторых, объективные показатели степени опьянения, то есть содержание спирта и продуктов его переработки в выдыхаемом воздухе, не только не останавливали любителей выпить, но, наоборот, разжигали их жажду. Так, если до измерения этого содержания лишь 51% пьяных людей собирались продолжить свои ночные похождения, то, узнав правду о своем состоянии, прекратить возлияния решили менее одного человека из двадцати пяти! Более того, каждый четвертый отметил, что объективные данные вдохновляют его на еще большие подвиги во славу Бахуса. Вообще же, каждый десятый отмечал, что не остановится, пока не пропустит этой ночью сорок стопочек. Кстати, о том, что появление в продаже измерителей степени опьянения по выдыхаемому воздуху увеличивает потребление алкоголя, ученые уже знали из предварительных исследований.

Марк Беллис с коллегами приходит к выводу, что власти страны, принимая дорогостоящие меры по пресечению в зародыше безобразий, вытворяемых нетрезвыми подданными, на деле создают им более безопасные условия для выпивки, а вовсе не улучшают общественное здоровье. Однако из этой работы следует еще и мысль, что отучать человека от пьянства надо тогда, когда он трезв. Пьяному море по колено, и уговорами тут никак не обойтись.

С.Анофелес



# Что умеет «умный текстиль»

Н.С.ЛОБАЧЕВУ, Астрахань: *Название «осмий» происходит от греческого *осме* — запах; однако в опытах Смитсона Теннанта и других отвратительный запах издавал не осмий, а его оксид  $OsO_4$ .*

Павлу СМИРНОВУ, Егорьевск: *Реактив Фелинга (фелингова жидкость) — раствор  $CuSO_4$  и тартрата калия-натрия в 10%-ном растворе  $NaOH$ , в биохимии и органической химии используется как реактив на восстановители, главным образом альдегиды и моносахариды.*

М.М.ЗДАНОВИЧ, Ростов-на-Дону: *Брусок китайской туши помимо сажи содержит связующее вещество, обычно клей животного происхождения или яичный белок, кроме того, в него могут добавлять благовония, пряности, экстракты лекарственных растений, перламутровую пыль.*

В.С.КУЗИНУ, Рыбинск: *Плесень, которая живет в сыре «Дор блю» и других голубых сырах, называется *Penicillium roqueforti*; ее штаммы хорошо переносят пониженное содержание кислорода в спрессованной среде и устойчивы к высокой концентрации соли.*

Ю.Л.СЕРОВОЙ, Москва: *Ананас хорошо сочетается с мясом, поскольку его фермент бромелаин расщепляет жиры, а фермент плодов киви актинидин расщепляет белки мяса, так что эти два фрукта не взаимозаменяемы: мариновать сырое мясо, чтобы оно стало мягким, нужно именно с размятым киви; важно не держать его слишком долго, иначе поверхность превратится в «пащитет».*

А.А.НОВИЧЕНКО, Санкт-Петербург: *Ответ на ваш вопрос удивил нас самих: «холодные» сигаретингаляторы, устроенные примерно так, как описал наш автор в мартовском номере, уже существуют, их можно купить, и, поскольку производитель расхваливает их как «символ успеха и возможность курить в любом месте», клеймо несчастных наркозависимых курильщикам вряд ли угрожает.*

Льву ВЯЙНОВИЧУ, письмо из Интернета: *Действительно, рыжиковое масло в России производится, и не в одном месте, запомним это на будущее.*

А.П., Серпухов: *Благодарим за оригинальную теорию, но подорожание молока в пакетах, как сообщают аналитические порталы, связано с повышением цены на полиэтиленовую упаковку; это к слову о роли химии в повседневной жизни.*

Кто бы мог подумать, что в такую консервативную отрасль хозяйства, как производство тканей, одежды, обуви, в начале XXI века начнут активно внедрять передовые наукоемкие технологии! Современный текстиль не всегда похож на ткань в привычном понимании. Трудно представить себе тканевое волокно прочнее стальной проволоки, но и такое есть: из него изготавливают кузова болидов «Формулы-1», детали самолетов и ракет. Из нетканого текстиля делают бронезилеты и спецкостюмы, защищающие от радиации и химической атаки.

Однако поистине фантастическими возможностями обладает «умный текстиль» (smart, intelligent textile), из которого уже сегодня шьют армейскую форму, экипировку для космонавтов, обмундирование для спасателей и людей, работающих в экстремальных условиях, одежду для спорта и отдыха.

Что же такое «умный текстиль»? Это материалы, которые изменяют свои характеристики в зависимости от внешних условий — реагируют на них и приспосабливаются к ним. Это ткани-«хамелеоны», меняющие цвет при изменениях освещения или температуры, ароматные и репеллентные ткани, отпугивающие кровососущих насекомых. Мечта лентяев — ткань, отталкивающая масло, воду, грязь: ее не нужно стирать, потому что невозможно испачкать. Термобелье, обеспечивающее оптимальную температуру, и антимикробное, в том числе постельное белье, защищающее от вредных микроорганизмов. Майки и футболки, контролирующие сердечный ритм, дыхание, давление, способные подать сигнал при неблагополучии и даже оказать первую помощь. Все это — «умный текстиль».

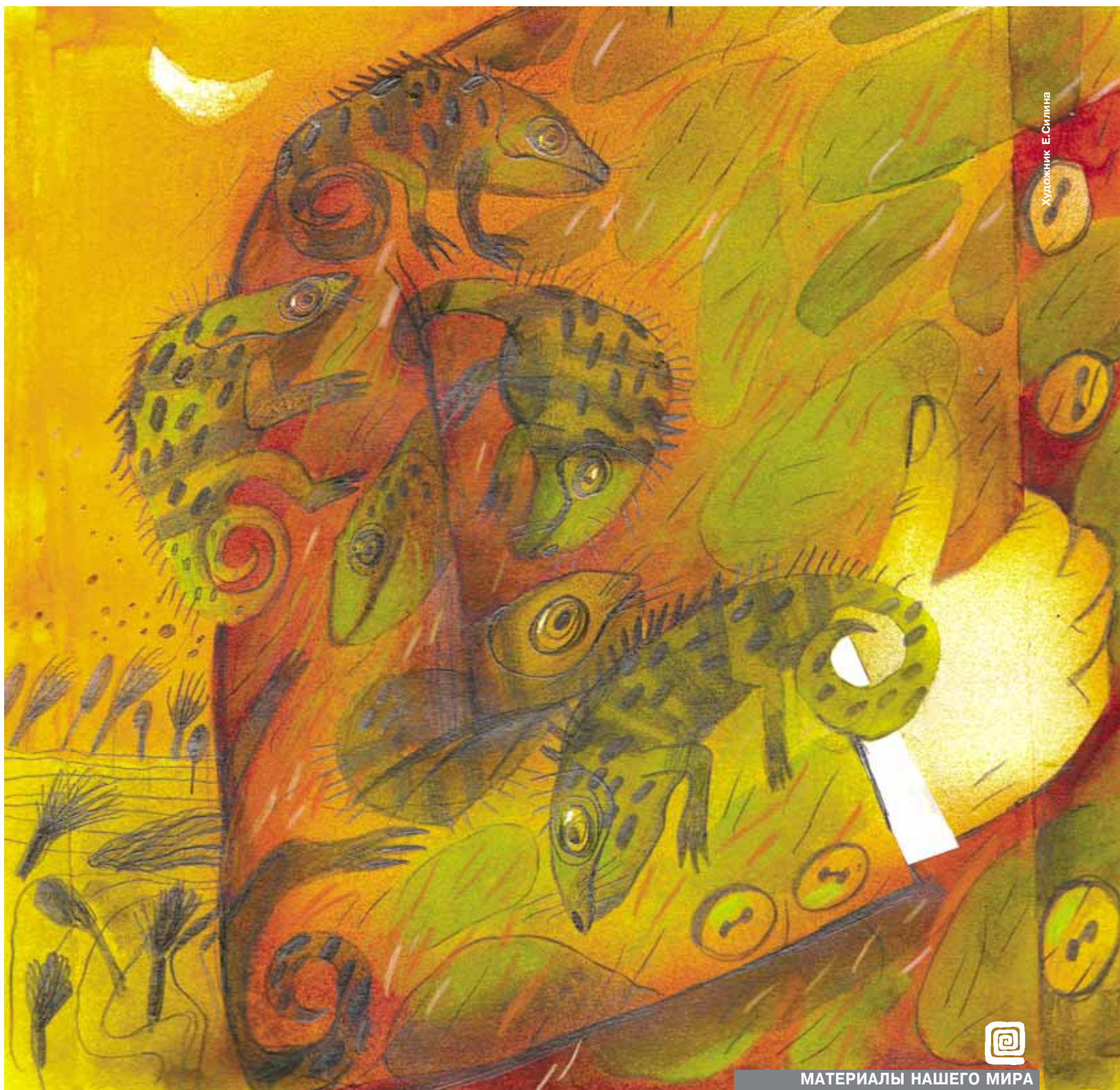
Как его делают? Еще раз вспомним далекий 1959 год, когда американский физик Ричард Фейнман выдвинул гениальную идею о возможности создания веществ и объектов методом «поштучной атомарной сборки». Он предложил и новый термин — «нанотехнология», то есть набор технологий или методик получения принципиально новых материалов путем манипулирования с мельчайшими частичками вещества размером от 1 до 100 нанометров, или наночастицами.

На стадии производства любого химического волокна в его структуру можно ввести наполнитель — отдельные наночастицы, например углерода, оксидов металлов, природных минералов, или так называемые нанокapsулы-контейнеры, в которые помещены молекулы душистых, лечебных, бактерицидных, репеллентных и других веществ. Такая ткань при соприкосновении с кожей начинает хорошо пахнуть, поддерживает благоприятный микроклимат, выделяет нужный лекарственный или косметический препарат.

Наночастицы в виде наноземulsionий можно наносить на поверхность уже готовой ткани. Если наноземulsionия содержит фторуглеродные полимеры, получится самоочищающийся материал — к ткани не пристаут никакие загрязнения. Кремниевое покрытие не прожгут и капельки расплавленного металла с температурой, превышающей тысячи градусов: они скатятся с него, словно капли воды с зонтика.

Самый умный «умный текстиль» — сенсорный, или электронный. В тканевое волокно встраиваются миникомпьютеры, которые в постоянном режиме следят за параметрами работы сердца, легких, сигнализируют о местонахождении человека в одежде из такой ткани, посылая информацию на удаленный компьютер. Текстильные напольные покрытия с встроенными в них микрочипами-светодиодами в случае пожара или другой опасной ситуации будут высвечивать яркие дорожки с указателями путей выхода.

Ткани-«хамелеоны» изначально разрабатывались как армейский камуфляж, маскирующий приборы ночного видения, военную экипировку — униформу, палатки, укрывные чехлы для техники. Получают их нанесением нанокapsулированных препаратов — фото-, термо- и гидрохромных красителей — на ткань. Цвет меняется под действием освещения, темпе-



Художник Е. Силина



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

ратуры, влажности или электрического поля. Изменение задано заранее составом красителя: на ткани может появиться четкий рисунок или она просто будет медленно менять цвет. Однотонная серая кофточка из ткани с фотохромным красителем на улице в солнечный день превратится в яркий наряд. На брюках, окрашенных термохромным красителем, в местах, где они касаются тела человека, под воздействием тепла начнется игра цветов. Немаловажно и то, что наночастицы, будучи сверхмалых размеров, не закупоривают естественные мик-

ропоры-капилляры тканевого волокна. Одежда остается дышащей, гигроскопичной и комфортной в носке.

Где можно увидеть и купить такие чудесные вещи? Пока вы не найдете их в соседнем магазине. К началу XXI века это были в основном разработки военных ведомств США, Японии, Германии, Китая и Индии (к сожалению, Россия не входит в этот список), и предназначались они для нужд обороны. Время идет, и сейчас антимикробное и термобелье уже продается в европейских супермаркетах. Западные компании выпустили на рынок меняющие рас-

цветку платья, ткани, охлаждающие участки тела с повышенным потоотделением, «умные футболки», регистрирующие пульс и частоту дыхания, кроссовки, отмечающие пробег спортсмена, спортивные костюмы, умеющие поглощать тепло, выделяемое телом человека при нагрузках, и возвращать его, когда теплоотдача тела уменьшается. Конечно, пока нет поточно-го производства, стоимость новинок остается очень высокой. И все же эпоха «умного текстиля» началась.

**М.Демина**

# МЕЖДУНАРОДНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЫСТАВКИ С «ЭКСПОЦЕНТРОМ»!

  
**ХИММАШ.  
НАСОСЫ**  
27-30 сентября  
**2010**

  
**ХИМ-ЛАБ-  
АНАЛИТ**  
27-30 сентября  
**2010**

  
МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ХИМИЧЕСКАЯ АССАМБЛЕЯ  
**ICA**  
27-30 сентября  
**2010**

  
**ХИМИЯ  
2011**

  
международная  
специализированная  
выставка  
**ИНДУСТРИЯ  
ПЛАСТМАСС**  
27-30 сентября  
**2010**  
[www.maxima-expo.ru](http://www.maxima-expo.ru)

**Формула  
успеха!**  
[www.chemistry-expo.ru](http://www.chemistry-expo.ru)

