



ҚА

2010

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ІШкі ІШІ ҚАТАРЫ







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.Альтшулер,  
Л.А.Ашкинази,  
В.В.Благутина,  
Ю.И.Зварич,  
С.М.Комаров,  
Н.Л.Резник,  
О.В.Рындина

**Технические рисунки**

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 29.12.2009

**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 Тифани Божич «Благие  
намерения». Если о чем и мечтает  
человечество, так это о продлении  
жизни. Сделает ли нам наука такой  
подарок и понравится ли он нам?  
Читайте об этом в статье Н.Резник  
«Наука против старения: кто кого?»

*Чем больше моя слава,  
тем больше я тупею;  
и таково, несомненно,  
общее правило.*

*Альберт Эйнштейн*

# Содержание

## Роснаука

МАГНИТНАЯ УДОЧКА ДЛЯ ТУБЕРКУЛЕЗА .....	2
ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЙ ХРЯЩ .....	2
ЗАЩИТА ДЛЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА .....	2
ЧТО ДЕЛАТЬ С АСТЕРОИДОМ? .....	2
КАК КОЛЕБЛЕТСЯ СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС ЗЕМЛИ .....	3
ТЕРМОМЕТР ДЛЯ КЛАСТЕРА .....	3

## Размышления

ГДЕ ХИМИЯ? Л.Стрельникова .....	4
---------------------------------	---

## Год химии

ИСКУССТВО ТОНКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ. Л.Стрельникова .....	8
---	---

## С миру по нитке

НАНОТЕХНОЛОГИИ: НАЗАД В БУДУЩЕЕ. А.В.Шалдин .....	14
---	----

## Мифы нашего времени

ЧЕРНАЯ ДЫРА В КОЛЛАЙДЕРЕ. С.М.Комаров .....	20
---	----

## Проблемы и методы науки

ВАКЦИНЫ ПРОТИВ РАКА. С.Л.Киселев .....	26
НАУКА ПРОТИВ СТАРЕНИЯ: КТО КОГО? Н.Л.Резник .....	30
ИСКУССТВО ЗАДАВАТЬ ВОПРОСЫ. П.Квадрат .....	36

## Наша книжная полка

ВОСЕМЬДЕСЯТ УДИВИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ... ..	42
...И СТО УВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ. Е.Лясота .....	43

## Книги

МУТАНТЫ. Арман Мари Леруа .....	44
---------------------------------	----

## Земля и ее обитатели

МОЛОКО ДЛЯ ЛЕТУЧЕЙ МЫШИ. Е.Яковлева .....	51
---	----

## Проблемы и методы праздника

ЭКОНОМИЧНАЯ ВЫКРОЙКА, ИЛИ ФУЛЛЕРЕН К НОВОМУ ГОДУ. М.Ю.Корнилов ..	52
---	----

## Что мы едим

АНАНАС. Н.Ручкина .....	54
-------------------------	----

## Фантастика

ШАРМАНЩИК И БУРАТИНКА. М. Ясинская .....	56
--	----

## Материалы нашего мира

НЕ БОГИ ГОРШКИ ОБЖИГАЮТ. М.Демина .....	64
---	----

ИНФОРМАЦИЯ	7, 16, 25, 49, 53	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	18	ПИШУТ, ЧТО...	62
ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ	40	ПЕРЕПИСКА	64
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	50		



## В контрактах Роснауки

### МАГНИТНАЯ УДОЧКА ДЛЯ ТУБЕРКУЛЕЗА

Создание диагностических систем для особо опасных инфекционных заболеваний — одна из важнейших задач науки, сегодня к ней подключаются и нанотехнологии. В Институте элементо-органических соединений им. А.Н.Несмеянова РАН создали системы для диагностики туберкулеза и сибирской язвы (контракт 02.512.11.2214, [www.fcntp.ru](http://www.fcntp.ru)).

Исследователи генноинженерным путем получили белки возбудителей (причем в случае туберкулеза использовали белки, которых нет в противотуберкулезной вакцине, чтобы избежать ложноположительных результатов), а затем антитела к этим белкам. Антитела присоединили к полимерному носителю на основе поливинилового спирта, который содержал наноманиты в своих порах. Такие бионаноконструкции смогут выловить возбудителя заболевания из образца: антитело обеспечит специфическое связывание, а приложение магнитного поля экстрагирует частицы из раствора.

### ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЙ ХРЯЩ

Специалисты из Института элементо-органических соединений им. А.Н.Несмеянова РАН получили принципиально новый результат — обнаружили, что в частицах порошка сверхвысокомолекулярного полиэтилена при его обработке в сверхкритическом диоксиде углерода образуются закрытые поры размером 5–15 нм, которые содержат остаточное количество  $\text{CO}_2$ .

Благодаря этому открытию ученые создали три типа биосовместимых самосмазывающихся материалов: собственноразработанный сверхвысокомолекулярный полиэтилен, металлополимерный композит на его основе с наночастицами серебра и золота и полимер-полимерный композит с акриловым полимером. Все они хороши для изготовления эндопротезов суставов, поскольку все они обладают вдвое меньшим коэффициентом трения, чем материал, изготовленный из обычного сверхвысокомолекулярного

полиэтилена. А полимер-полимерный композит продемонстрировал такой же коэффициент, что и природный хрящ; он также был вдвое меньше, нежели при трении металла о хрящ (контракт 02.513.11.3230, [www.fcntp.ru](http://www.fcntp.ru)).

Результаты по своему научно-технологическому значению не имеют аналогов в мире. Необходимо отметить, что технология изготовления нового материала использует углекислый газ. Это то, что сегодня называют «зеленой химией». Наиболее перспективно использование новых материалов при изготовлении протезов тазобедренного сустава, потребность в которых в России составляет 300 тысяч в год.

### ЗАЩИТА ДЛЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Чтобы увеличить мощность двигателя внутреннего сгорания, а массу, ускорение разгона и расход топлива уменьшить, достаточно заменить стальные клапаны и шатуны в двигателе на титановые. Однако при этом возникает проблема, которую надо решить, — повысить износостойкость титановых сплавов. Эта задача возникает и во многих других случаях, когда требуется применять изделия из титановых сплавов.

Специалисты Московского института стали и сплавов наносили электроискровым методом различные покрытия на титановые детали. Испытания показали, что лучше всего проявили себя покрытия из наноструктурированного карбида вольфрама с кобальтом, а также покрытия из карбида титана с никелем или алюминидом никеля, упрочненные наночастицами. Износостойкость при этом возросла более чем в четыре раза (контракт 02.513.11.3187, [www.fcntp.ru](http://www.fcntp.ru)).

Предполагается, что технология будет использована при создании газотурбинного двигателя нового поколения.

## В научных журналах

### ЧТО ДЕЛАТЬ С АСТЕРОИДОМ?

По мере приближения 13 апреля 2036 года, когда астероид Апофиз, обнаруженный в 2004 году, пролетит на расстоянии всего лишь шесть земных ра-

диусов от центра нашей планеты, обострится научная дискуссия, а что с ним делать? Вдруг расчет неверен и расстояние окажется значительно меньше? Для решения этого вопроса нужно, прежде всего, составить базу данных, позволяющую прогнозировать последствия столкновения такого объекта с Землей («Доклады РАН», 2009, т. 429, № 1, с. 45).

Поведением космического тела, сталкивающегося с Землей, управляют, по мнению ученых из НИИ механики при МГУ им. М.В.Ломоносова, два параметра. Это баллистический коэффициент, который дает интенсивность торможения, и скорость уноса массы. Оба этих параметра связаны с траекторией движения небесного тела и с его строением. В зависимости от их соотношения можно выделить четыре режима столкновения. Первый режим — когда оба параметра малы, много меньше единицы. В этом случае монолитное тело достигает поверхности Земли и формирует на ней чудовищный кратер вроде знаменитого аризонского кратера Барринджер диаметром 1265 м и глубиной 175 м.

Во втором случае, когда оба параметра несколько меньше единицы, астероид разваливается в воздухе, и на землю проливается метеоритный дождь, похожий на Сихотэ-Алиньский дождь 1947 года: тогда образовалось множество кратеров, причем 24 крупнейших из них имели диаметр от 9 до 26 метров, а самый большой обломок, не расколовшийся при столкновении, весил 1745 кг.

Третий режим — когда оба параметра сравнимы с единицей. Тогда метеорит оставляет хорошо заметный световой след в атмосфере, однако най-



ти его фрагменты нелегко. Кратеры при таком режиме не образуются. Для четвертого режима скорость испарения заметно превышает степень торможения, тело полностью разрушается и испаряется в воздухе. В результате на землю падает воздушно-паровая струя, газ образует область высокого давления и растекается по поверхности. Площадь области воздействия оказывается в сотни раз больше, чем исходный размер самого падающего тела. Пример такого режима – Тунгусский метеорит 1908 года. Соответственно в первом и четвертом случае масса тела оценивается миллионами тонн, во втором – сотнями тонн, а в третьем – сотнями килограмм.

«Из проведенного анализа вытекают несколько научных задач. Вот четыре важнейшие из них. Во-первых, следует рассмотреть последствия этих типов столкновений с водной поверхностью, особенно воздушно-паровой струи четвертого режима. Во-вторых, дополнить список возможных режимов и сделать его исчерпывающим. В-третьих, нужно выяснить последствия столкновений для промышленных районов. А в-четвертых, стоит пересмотреть имеющиеся представления о движении болидов в атмосфере. Здесь могут вскрыться новые факторы», – отмечает участник работы, выполненной по гранту РФФИ, научная сотрудница М.И.Грицевич.

## КАК КОЛЕБЛЕТСЯ СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС ЗЕМЛИ

То, что полюс Земли не стоит на месте, а совершает колебания с амплитудой около десяти метров, известно давно. Оказывается, раз в 25 лет он скачком меняет режим своих колебаний («Доклады РАН», 2009, т. 429, № 1, с. 50).

В 1891 году американский астроном Сэт Чандлер открыл, что Земля смещается относительно своей же оси вращения и период этого смещения считается равным 433 звездным суткам. Это колебание получило название чандлеровского колебания, и его всегда учитывают и при теоретическом исследовании динамики Земли, и при решении таких прикладных задач, как организация спутниковой навигации.

Однако в движении полюса есть и другие составляющие. Считается, что основные из них – медленный дрейф со скоростью пять тысячных секунды угловой дуги в год в направлении Северной Америки и влияние гравитаци-

онного момента Солнца. С 1962 года за положением Северного полюса следит Международная служба вращения Земли, поэтому его ежесуточное положение сегодня известно с высокой точностью. А где накоплен большой объем данных, там есть возможность для анализа долговременных зависимостей. Именно такой анализ и провел кандидат физико-математических наук А.М.Шматков из Института проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН.

Прежде всего, ему удалось точно установить период чандлеровского колебания Северного полюса. Он составил 434,3 звездных суток с ошибкой в 0,25 суток. Во-вторых, исследователь выяснил, что имеются две области, протяженностью примерно в десятую долю секунды угловой дуги каждая, в которых Северный полюс предпочитает колебаться. Причем переход из одной области в другую происходит скачком раз в 25,66 лет. Эти области соседствуют друг с другом, но почти не пересекаются. Сейчас полюс колеблется ближе к нулевой точке, и в эту область он перешел в декабре 2005 года. А вышел из нее в апреле 1980 года, пробыв там по крайней мере 18 лет, то есть со времени начала тщательных измерений в январе 1962 года. В промежутке же полюс пребывал в другой области.

Автор работы приходит к выводу, что если такое скачкообразное изменение области колебаний представляет собой случайность, то долгосрочный прогноз движения полюса Земли неизбежно ограничен.

Однако на проблему можно посмотреть и с другой точки зрения: внезапный переход может быть закономерным, и несмотря на то, что амплитуда колебаний мала по сравнению с размером планеты, способен служить индикатором каких-то мощных процессов внутри Земли. В этом случае последствия таких переходов полюса удастся заметить не только по снижению точности спутниковой навигации. В самом деле, ведь именно с 2005 года наметилась тенденция к снижению температуры планеты, а на середину семидесятых годов пришелся минимум похолодания в современной истории.

## ТЕРМОМЕТР ДЛЯ КЛАСТЕРА

Измерить температуру крайне маленького объекта очень сложно. Однако знать ее нужно, поскольку температура – важный параметр физической системы. От нее зависит множество свойств наночастицы, например по-

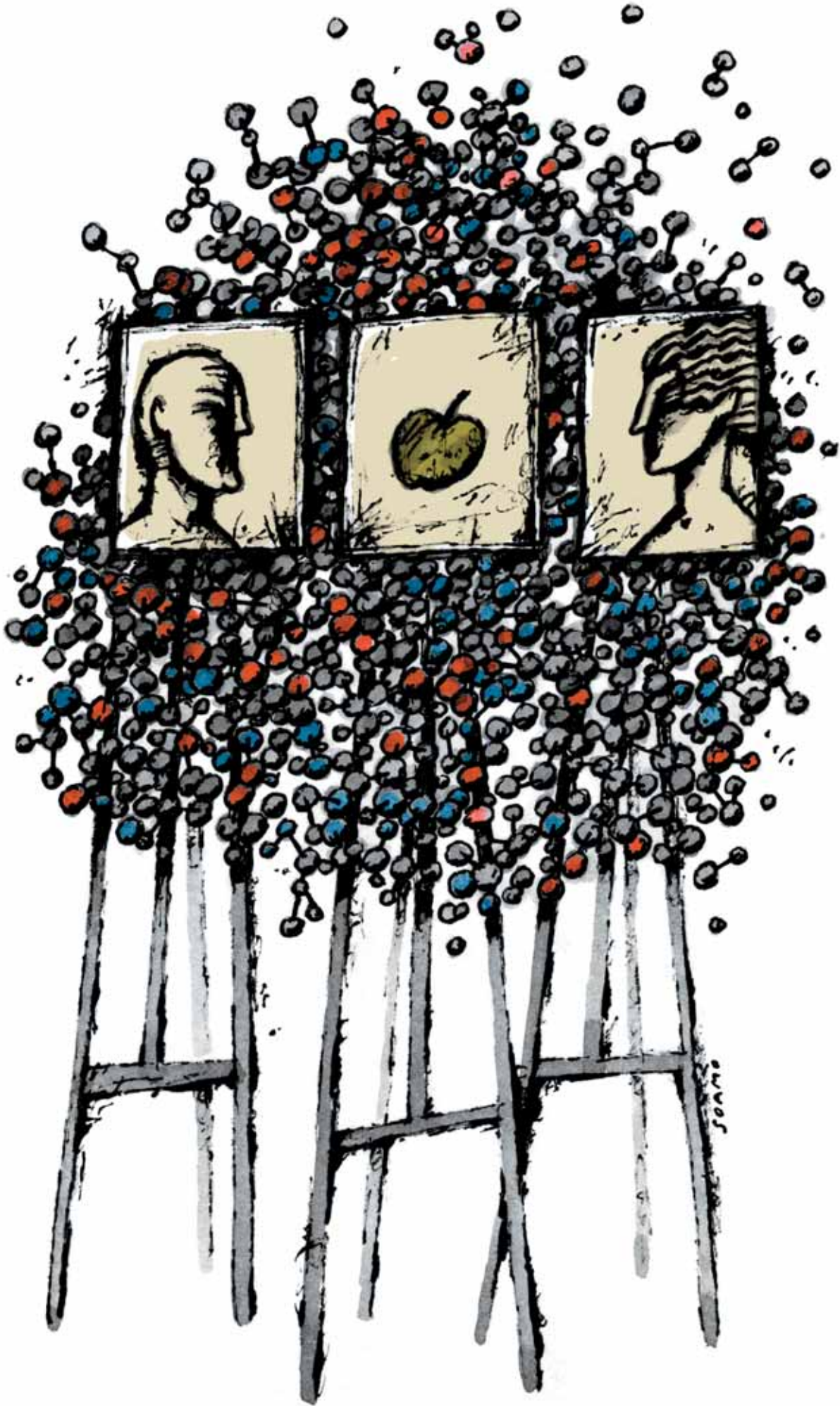
тенциал ионизации, магнитный момент, фазовое состояние, да и сама конфигурация. Оказывается, температуру даже мельчайшего кластера, состоящего всего-то из сотни молекул или атомов, теперь можно померить («Письма в ЖЭТФ», 2009, т.90, в. 9–10, с. 712).

Доктор физико-математических наук Г.Н.Макаров с коллегами из Института спектроскопии РАН и Института инновационных и термоядерных исследований в Троицке предлагают использовать в качестве термометра для кластеров молекулы другого вещества. Суть предлагаемой идеи состоит в том, что если на поверхности кластера осела молекула вещества и если ее сила связи меньше, чем сила связи молекул кластера между собой, то молекула испарится с него довольно быстро. Причем чем больше температура кластера, тем большую скорость приобретет молекула. Скорости молекул можно измерить по времени пролета и по полученному спектру рассчитать температуру кластеров.

В опытах троички ученые создавали пучок кластеров твердого углекислого газа, с которым пересекался пучок молекул гексафторида серы. Кластеры  $\text{CO}_2$ , столкнувшись с молекулами гексафторида, отклонялись и попадали в отдельный канал прибора, который измерял их кинетическую энергию. Исходя из предположения, что температура молекул гексафторида соответствует температуре кластеров  $\text{CO}_2$ , исследователи выполнили расчет и установили, что кластеры углекислого газа имеют температуру 90–120 К. Это соответствует результатам измерений, выполненных другими методами.

Большое достоинство нового градусника состоит в том, что молекула-датчик при столкновении с кластером почти не нагревает его. Если же вместо гексафторида серы использовать молекулы веществ с крайне низкой температурой сублимации, например гелия, неона, водорода или азота, то удастся померить температуру любых кластеров и наночастиц. Надо лишь пучок из последних столкнуть с пучком молекул-датчиков и отправить «результат столкновения» в детектор.





# Где химия?

**Л. Стрельникова,**

главный редактор журнала  
«Химия и жизнь»



РАЗМЫШЛЕНИЯ

**Э** тот вопрос преследует меня и моих коллег всякий раз, когда мы встречаемся с читателями. «Почему в «Химии и жизни» много статей про биологию и мало про химию? Где химия?» Подобные вопросы звучат слишком часто, чтобы от них просто отмахнуться. Надо отвечать.

Научно-популярный журнал «Химия и жизнь» отражает ситуацию в столь любимой нами области человеческой деятельности, как познание мира, в котором мы живем. Здесь главные действующие лица — исследователи. Они открывают законы и закономерности, устанавливают природу явлений, разгадывают механизмы, по которым протекают процессы в живой и неживой природе. А мы рассказываем вам о самом интересном и значимом, что происходит на фронте познания.

Проблема в том, что наука развивается неравномерно. За взлетами следуют периоды покоя, иногда упадка. А мне бы хотелось думать — осмысления накопленных данных, обобщения и поиска новых направлений движения. Все наши любимые науки переживают этот вполне ритмический цикл. Астрономы вскоре после прорыва в космос и своего триумфа в пятидесятых годах заскучали. Известный астроном и астрофизик И.С.Шкловский в 80-х годах даже обмолвился, что астрономия как наука закончилась, что все главное во Вселенной открыто, закономерности ясны и дальше последует только количественное наращивание данных. А в конце 90-х выяснилось, что на самом деле мы мало что знаем о Вселенной. Эта малость измеряется 4% видимой материи. Все остальное — неизвестно что, темная материя и темная энергия. И сегодня астрофизика — одна из самых авангардных наук, будоражащих воображение людей.

Химия пережила период бурного расцвета в 50—70-х годах. Синтетические волокна, новые материалы, пластики... Новая искусственная реальность вдохновляла, химические заводы росли как грибы после дождя. Но прошло время, искусственная реальность стала обыденностью, а на поверхность вылезли побочные эффекты в виде загрязнения окружающей среды. Привлекательность химии померкла в глазах обывателей, и само слово «химия» стало нарицательным — противоположностью естественного и полезного.

Какая наука сегодня на подъеме? Если мы посмотрим на формальные критерии, например на количество научных публикаций во всех научных журналах мира, то статьи по биологии и всем ее многочисленным разделам будут впереди. Сегодня главным объектом науки стал человек. И в самом деле, нет ничего интереснее, чем познание тайны жизни и себя самих. Как работают ДНК, РНК, белки, ферменты? Как мы растем и развиваемся, как станем теми, кто мы есть? Как избавиться от болезней с помощью последних достижений науки? Куда ведет эволюция человека? Как расширить свои возможности и способности? Эти вопросы интересны каждому. Ответы на

них ищут тысячи ученых по всему миру, мелкими шажками приближаясь к разгадкам. И все мы хотим знать, как далеко исследователи продвинулись вперед в своих изысканиях. Вот об этом мы и пишем

Значит ли это, что мы не пишем о химии? Нет! Химия, как плодovitая мать, произвела на свет множество детей, которых выкармливает до сих пор. Биохимия, генетика, молекулярная биология, геномика, протеомика... Исследователи в этих авангардных областях работают с последовательностями нуклеотидов и аминокислот, с металлоорганическими комплексами, с жирами и углеводами — то есть работают с веществом. И в этом смысле все они — химики, потому что именно химия изучает вещество, его структуру и свойства, взаимодействия с другими веществами, возможности его трансформации и использования на пользу человека. Да и все процессы, протекающие в живом организме, будь то растение, таракан или человек, суть химические процессы. Отчасти из-за этой неразберихи и трудности с разграничением территорий на Западе появилась новая область науки и знания Life Science — наука о живом.

А что же «классическая» химия? От нее осталось что-нибудь или всю растащили по кусочкам? Разумеется, химия осталась, потому что есть сугубо химические задачи и проблемы, которые надо решать. Первый и главный фундаментальный вопрос, вокруг которого крутится вся химия, — установление связи между структурой и свойствами вещества. Именно поэтому химики без усталости синтезируют гигантское количество новых соединений, чтобы подтвердить или опровергнуть наметившиеся закономерности. Не один десяток миллионов веществ известен сегодня. Большинство из них — рукотворные. Перспективы здесь безграничные, поскольку число возможных сочетаний атомов углерода, водорода, кислорода, азота и серы, не говоря об остальных, бесконечно. Такой вот вечный синтез и демонстрация возможностей, искусства управления атомами. Химия действительно из всех наук ближе всего к искусству, потому что она не только изучает то, что создано природой, но и, единственная из наук, создает для своих исследований то, чего в природе никогда не было. Простим химии эту богемность. В конце концов из этого моря новых веществ иногда удается выуживать те, что могут быть полезны человечеству, пусть это и единичные случаи. Бесконечные упражнения «синтез-анализ» служат глобальной цели — ответу на вопрос, как та или иная структура вещества определяет его свойства. Зная это, можно будет комбинировать разные атомы в определенном порядке и получать вещество, о котором мы все знаем наперед — и цвет, и запах, и свойства. Только надо понимать, что эта тайна природы вряд ли будет раскрыта полностью, потому что природе это не угодно. Но если вдруг она будет решена, тогда уж точно придет конец химии как науке.

Но у химии есть и другие задачи — новые материалы, новые лекарства и косметические средства, новые технологии. Все это нужно людям, привыкшим к комфорту и к тому, что жизнь становится все удобнее. Химическая промышленность работает, значит, надо продолжать совершенствовать процессы, делать их более чистыми, быстрыми, производительными. А еще надо искать новые недорогие, но мощные катализаторы, позаботиться о сырье для химической промышленности, которое должно в будущем заменить нефть и газ, сделать биоразлагаемые синтетические материалы, которые не будут загрязнять окружающую среду, создать новые чувствительные инструменты, позволяющие контролировать содержание опасных веществ в разных средах. Это могут только химики. Не говоря уже о том, что многочисленные химические производства нуждаются в инженерах, технологах, исследователях. Их подготовкой могут также заниматься только химики.

Но все это как-то не вдохновляет, пахивает рутинной... Действительно, таких громких масштабных проектов, как расшифровка генома человека, освоение космоса, высвобождение ядерной энергии или управляемый термоядерный синтез, в химии не наблюдается. Хотя именно яркая, понятная цель, объединение и концентрация усилий и средств могут оживить угасший интерес к химии в обществе. А если какой-нибудь химик вам скажет: «Да плевать я хотел на этот общественный интерес!», то не верьте ему, он лукавит. Каждому исследователю нужны ученики и помощники, каждой научной школе нужны продолжатели дела, лабораториям необходимо финансирование. Да и от признания, славы, воплощения идей в нечто полезное для человечества не откажется ни один ученый.

Появился было шанс под названием «Нанотехнологии» — огромный мировой проект, включающий государственные программы более чем в 60 странах мира, объединяющий значительные ресурсы. Физики, нуждающиеся в ярких глобальных проектах не меньше, чем химики, быстро подмяли его под себя. И мало того, внедрили свою терминологию там, где это выглядит нелепо и затемняет смысл. Например, термин «квантовые точки» они распространили не только на кластеры атомов металлов в полупроводниковых пленках, но и на молекулы обычных люминофоров. Хотя даже в формальных позициях трехмерная частица в растворе никак не может быть названа точкой. Эта терминологическая небрежность, безусловно, вносит путаницу. И вот уже химики в статьях о получении и исследовании нанокристаллов селенида кадмия или цинка, сжав зубы, пишут «квантовые точки». Ладно, оставим физикам гетероструктуры, полупроводники, лазеры, фотонные кристаллы и элементную базу. Это как будто исконно их территория. Но все прочее — наночастицы и наноматериалы — что это, как не химия в чистом виде?

Однако большинство химиков относятся к нанотехнологиям, мягко говоря, скептически. И это понятно. То, что для физиков стало удивительным открытием (вещество в виде наночастиц радикально меняет свои свойства — фантастика!), химикам известно давным-давно. Особенно тем, кто работал и работает с коллоидными системами. И без всяких новейших зондовых микроскопов химики давно научились определять и рассчитывать, причем поразительно точно, размеры мицелл и компонентов золь. Размеры белковых глобул, диаметр ДНК, размеры дендримеров, кристаллов палладия или платины в нанесенных катализаторах — все это химики могли и могут делать своими инструментами. Для тех же, кто занимается синтезом, эти наночастицы просто муть проклятая — забивает фильтры, мешая выделять нужное вещество. И

вообще, с точки зрения химика, наночастицы — объект неудобный, сомнительный. Выделить наночастицы в чистом виде невозможно, поскольку из-за своей чрезвычайной активности они немедленно объединяются в большие кластеры и глобулы. Поэтому их надо стабилизировать, защищая сверхактивную поверхность от взаимодействий. Да и свойства у наночастиц пляшут в зависимости от многих факторов — то это проводник, то полупроводник, то вообще непонятно что...

И тем не менее это химия, потому что речь идет о веществе, пусть не в очень удобной форме. О веществе, которое надо уметь получать, выделять, очищать, стабилизировать, модифицировать, анализировать и далее по списку. Это работа для химиков. Сегодня исследования в области нанотехнологий крутятся вокруг небольшого количества объектов — углеродных нанотрубок, фуллеренов, дендримеров, люминофоров, металлов и керамики. Один другого интереснее. Взять хотя бы изысканную молекулу фуллерена C<sub>60</sub>. Для нее в органической химии даже пришлось вводить специальный термин «сферическая ароматичность». А сколько химических возможностей у этой молекулы! И полимеризуется, и присоединяет, и включает во внутреннюю полость... Из этого необычного вещества уже удалось извлечь пользу — все-таки «наука должна служить для пользы народной» (Д.И.Менделеев). В Технологическом институте сверхтвердых и новых углеродных материалов в Троицке на основе фуллеренов создали материал фуллерит, который по твердости превосходит алмаз. Если к обычной стали добавить 3—5% процентов фуллерита, то новый композитный материал будет чуть ли не на 20% легче и прочнее тех, которые используют сейчас. В ВИАМе придумали антимолибденовое покрытие для самолетов — в его верхнем слое содержатся фуллерены. А углеродные нанотрубки? Компания «Байер» уже делает сверхлегкий и прочный композит, вводя в алюминий нанотрубки. Нанотрубками упрочняют пластики и резину.

Нанотехнологии, разумеется, область междисциплинарная, произрастающая на фундаментальной физике, химии и биологии. Но пространство химии здесь наибольшее. Не случайно, когда нобелевского лауреата по химии Ролда Хоффмана спросили, что такое нанотехнологии, он ответил: «Нанотехнологии? Да это новое название, которое придумали для химии». Поэтому химикам не стоило бы устраняться от нанотехнологий, напротив, надо заявлять о себе во весь голос.

Понятно, что толкаться локтями с физиками и биологами, каждый раз объясняя, что это химия, а не физика, — бессмысленно и несолидно. Бессмысленно потому, что границы наук становятся все более неопределенными. Так, может, найдутся максимально химические мегапроекты, где в центре — вещество, структура, свойства, химический процесс? Проекты, которые поразят общество и заставят восхититься этой удивительной наукой? Думаю, такие идеи и цели можно сформулировать. Важно, чтобы инициатива исходила от самих химиков.

На мой взгляд, есть как минимум две манящих высоты, покориw которые химия восславит себя как никогда. Первая вершина называется «Вода». Структура этого «самого необыкновенного вещества на Земле», по определению академика И.В.Петрянова-Соколова, по-прежнему загадка. Сколько разговоров о воде, сколько спекуляций, мошенничества. И как бы здесь был кстати глобальный проект, когда исследователи всего мира навалились бы на эту задачу. Она, конечно, очень трудна. Вода при всей кажущейся простоте молекулярного строения невероятно сложный объект для исследования. Так тем более! Концентрация ресурсов творит чудеса, ей поддаются даже са-



мые твердые орешки. Таких примеров в истории много.

Установление структуры воды — это, разумеется, не самоцель. Но это шаг к познанию феномена жизни. Живая клетка на 70—80% состоит из воды, в которой протекают все биохимические процессы. В этой удивительной среде с ее непосредственным участием ежесекундно творятся химические чудеса, благодаря которым мы живем. А это значит, что химия водных растворов, которая сегодня отодвинута на задворки науки, должна быть поднята на щит. Столь же актуальной должна стать и химия разбавленных растворов и сверхмалых концентраций — потенциальный инструмент экономии ресурсов. Не говоря уже о том, что в идеале химическая промышленность должна бы работать с водными растворами, как ни парадоксально это звучит. Но ведь природа работает. Однако без понимания, как устроена вода, как она структурируется под действием различных факторов, как ведет себя в разных условиях, этого не достичь. Одним словом, проект «Вода» может оживить многие разделы химии, привлечь внимание общества, ресурсы и принести много пользы.

Еще одна вершина, ждущая своих покорителей, — «Фотосинтез». Вот уж поистине цель целей. Даже трудно оценить все перспективы, которые откроются перед укротителями фотосинтеза, сумевшими заключить этот процесс в пробирку и промышленный реактор. Энергию, моторное топливо и сырье для химической промышленности можно будет получать буквально из воздуха. Автоматически решается проблема антропогенного загрязнения среды углекислым газом, и вот уже нет истерик по поводу глобального потепления. Как хорошо было бы взять все эти деньги, расходуемые на пропаганду, саммиты, мероприятия, Киотский протокол, и вложить всем миром в огромный международный проект. И чтобы инициаторами выступали российские химики, и чтобы все крутилось вокруг них.

Это всего лишь две идеи, которые, на мой взгляд, могли бы выдвинуть химию в авангард науки. Хотя при ближайшем рассмотрении и они междисциплинальны. Для



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

достижения поставленных целей без физиков и биологов не обойтись. Но что поделаешь, границы привычных нам наук размываются, области накладываются одна на другую, а интерференционная картина становится все более сложной и запутанной. Хорошо это или плохо? На мой взгляд — замечательно. Это свидетельство интеграции наук, которая так понятна нашей природе. Она возвращает нас к единому миру, который мы для удобства поделили на физику, химию и биологию.

А где же все-таки химия? Везде, где есть вещество, как бы оно ни называлось. Ведь химия изучает вещество и его превращения. И не важно, о каких веществах идет речь — ферментах, ДНК и РНК, белках, фуллеренах и углеродных нанотрубках, углекислом газе и поваренной соли, керамике и пластике, витаминах или стиральных порошках. С этой точки зрения наш журнал по-прежнему соответствует своему названию «Химия и жизнь», даже если мы не употребляем слово «химия» в каждой пятой строчке. Во всяком случае, обо всем, что было упомянуто в этой статье, вы прочтаете в нашем журнале в этом году.



## ИНФОРМАЦИЯ

# Международный симпозиум Advanced Science In Organic Chemistry



21— 25 июня 2010 года  
Мисхор, Крым  
Организовано  
ChemBridge Corporation



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ

Известия Академии Наук

Успехи Химии

Журнал Органической Химии

Химия и Жизнь

Председатель научного комитета:

**И.П.Белецкая**

<http://www.asoc2010.ru>

Эл.адрес: [asoc2010@chembridge.ru](mailto:asoc2010@chembridge.ru)

Тел.: +7 495 775 06 54 доб. 1201;1095



# Искусство тонких преобразований

Л. Стрельникова

*Неприязнь, которую испытывают многие к химии, невежество, которое демонстрирует молодежь, полагающая, что яркие пластиковые сапоги самозарождаются на складах бутиков, — поразительная примета времени. Почему? Это тема отдельной статьи. Пока мы просто констатируем, что словосочетание «химическая промышленность» для многих сегодня пустой звук — чем они там занимаются? Мы решили дать обстоятельный ответ на этот вопрос. Мы — это редакция журнала «Химия и жизнь» и компания «СИБУР». Корреспонденты журнала побывают на основных химических производствах «СИБУРа» и расскажут нашим читателям о современной промышленной химии. Так вместе с вами мы встретим и отпразднуем 2011 год, объявленный ЮНЕСКО всемирным годом химии. Кстати, лозунг всемирного года химии нам очень близок: «Химия — это наша жизнь и наше будущее».*

## Кровь экономики

Нефть — кровь экономика. Из нее мы извлекаем мазут для тепловых электростанций, чтобы горели лампочки и работали заводы и фабрики. Из нефти мы отгоняем моторное топливо, чтобы ездили автомобили и летали самолеты. Но есть вещи не менее важные — волокна, полимеры и пластики, строительные и композиционные материалы, лекарства и косметика. Чтобы все это изготовить, необходимо сырье.

Путь от нефтяной скважины до оправы очков или корпуса мобильного телефона долгий и технологически непростой. Этот путь преодолевает химическая промышленность, занимающаяся переработкой природных углеводородов. Именно она умеет получать из нефти и попутного нефтяного газа основные продукты большой химии — этилен, пропилен, бензол, а затем превращать эти вещества в то, что нужно фармацевтическим компаниям, предприятиям легкой промышленности, строительной индустрии и многим другим.

Все, к чему бы ни прикоснулась ваша рука, содержит след химической промышленности. Поэтому состояние химической отрасли, ее доля в валовом национальном



Фотограф П. Маркелов



ГОД ХИМИИ

Здесь, в Кстово, находится Нефтехимический завод (НХЗ), принадлежащий дочернему предприятию СИБУРа — «СИБУР-Нефтехиму». В этом году исполняется 10 лет, как СИБУР взял этот завод под свое крыло. А не взял бы — погиб бы завод. Ведь химическое производство, особенно производящее полупродукты, стоит посередке между теми предприятиями, что готовят сырье, и тем, кто берет продукцию завода в дальнейшую переработку, чтобы изготовить товары. Словом, между молотом и наковальней. И если у ваших поставщиков и потребителей начались проблемы, то у вас они будут в двойном размере. НХЗ построили и запустили в 1981 году. Тогда, в советские времена, бесперебойная работа всех технологических цепочек была заботой государства, держащего в руках все ниточки трубопроводов и товаропотоков. А как иначе согласовать и увязать множество химических предприятий, которые последовательно, но обязательно вместе работают на одну цель, хотя и расположены в разных регионах нашей огромной страны?

Завод работал согласно государственному плану, пока не пришли 90-е годы и не принесли с собой дикий капитализм. Тут-то все цепочки и тонкие связи оборвались. Химическая индустрия России погрузилась в глубокую депрессию, последствия которой переживает до сих пор. Перебои с сырьем, чехарда с потребителями, которых вдруг почему-то не стало, кризис неплатежей — страшно вспомнить. А химическое производство, особенно непрерывное, — это вам не мастерская по ремонту обуви, против которой я, разумеется, ничего не имею. Мастерскую можно закрыть на любое время и снова открыть, а с заводом такие штуки не проходят. Закрыл непрерывное производство на год-другой, и будь уверен, что больше его уже не запустишь. Руководство НХЗ чудом поддерживало дыхание завода, однако избежать кратковременных остановок не удавалось.

К счастью, в 2000 году появился СИБУР со своей вполне государственной программой. Оказалось, что НХЗ удачно вписывался в промышленную структуру компании, которая восстановила все производственные цепочки и связи для своей деятельности. Оказалось, что в этой структуре есть предприятия, готовящие сырье для НХЗ, а также заводы, ждущие продукцию НХЗ. Одним словом, началась новая жизнь. Теперь у руководства завода голова болит только о таких понятных и милых сердцу производственных вещах, как вентили, датчики, штуцеры, компрессоры, печи, плановый ремонт, модернизация... А забота о поставках сырья, о заказах на готовую продукцию, о регулярных выплатах зарплаты — это дело менеджмента «СИБУР-Нефтехима», главный офис которого расположен в Нижнем Новгороде.

За разговорами незаметно подъехали к заводу. Огромные железные ворота плавно отползли в сторону. Сотрудник службы безопасности тщательно осмотрел машину, даже под брюшко заглянул в зеркало, придирчиво изучил пропуск и документы — можно въезжать.

продукте могут служить индикатором благополучия национальной экономики. В этом смысле у российской экономики явные проблемы — доля продуктов химической индустрии в ВВП составляет всего лишь 2% (сравните с 30% в Китае). Несуразно маленькая цифра для России, добывающей углеводородное сырье из земных недр. Но оставим экономику и политику «Коммерсанту». Наше дело — химия. И мы будем рассказывать о том, как природные углеводородные дары превращаются в то величайшее разнообразие веществ и материалов, без которых наша жизнь сегодня невозможна.

## В чистом поле

Дорога из Нижнего Новгорода в Кстово недолгая, всего 30 км, но на удивление живописная. Машина то ныряет в ложбины, то взлетает на горку, а вокруг — холмы, поля, перелески, деревушки. Еще бы коров с бубенцами, так и вовсе Швейцария. И ничто не омрачает этой красоты, хотя уже виднеется Кстово с его заводами и обязательными трубами. Но трубы «молчат» — ни дымка, ни факела. Не работают, что ли, заводы? Работают, только теперь почти что незаметно для внешнего наблюдателя.



Фотограф П. Маркелов

Первым делом отправились в заводоуправление. Думаю, с директором хотя бы познакомиться. Как бы не так. Меня ждал инструктаж по технике безопасности. Без этого к заводу и близко не подпустят. Пятнадцать минут обстоятельного рассказа, что можно, чего нельзя, как действовать, если что, где висит план эвакуации. Наконец, подпись в журнале, каска на голову, сумка с противогазом через плечо — и можно на завод. Три минуты хода от заводоуправления под морозящим дождем. «Так где же завод, наконец?» «Вот же он», — сказал мой сопровождающий Геннадий, разводя руками, как будто открывая занавес, перед тем, что никак нельзя было бы назвать заводом. В чистом поле на небольшой площадке в несколько тысяч квадратных метров стоят огромные агрегаты, соединенные множеством труб, открытые ветрам и солнцу, дождю и снегу. Ни стен, ни крыши, ни входа, ни выхода, ни людей. Как в лесу. Интересно, как они делят это

*В печах пиролиза, выстроившихся рядком, пропан и бутан превращаются в этилен, пропилен и другие продукты, которые затем придется разделять*

единое пространство без внутренних границ на цеха?

Все процессы невидимо протекают за стенками и обшивками реакторов, колонн, труб и ничем не выдают себя, разве что шумом от работающих компрессоров и насосов. А все сотрудники работают в центре управления, небольшом флигельке здесь же, куда на пульте выводятся необходимые показатели всех процессов — давление, температуру, расход. Система работает дистанционно и с обратной связью, то есть регулировать параметра можно, не выходя из центра управления, а нажимая кнопки на компьютере. Да и сами сотрудники теперь не то, что прежде. Уже не встретишь аппаратчика в засаленном ватнике с кувалдой в руках. Нынешние — в аккуратных фирменных тужурках, касках и наушниках. Времена действительно изменились.

Это и есть НХЗ, где делают сразу три важнейших для химической отрасли вещества — этилен, пропилен и бензол. Причем делают их из одного сырья. Главный целевой продукт в этой троице — этилен. По этилену и считается плановая мощность завода — 300 тысяч тонн этилена в год. А полипропилен и бензол можно в данном случае рассматривать как чрезвычайно полезные побочные продукты.

### Три в одном

Сырье на НХЗ поступает свое, сибуровское, — это продукты переработки попутного нефтяного газа, которые готовят на других заводах корпорации в Тобольске, Новокуйбышевске, Томске и Чайковском. Переработка попутного нефтяного газа — тема интересная, и в следующих номерах мы к ней вернемся. А сейчас для нас важно, что



Фотограф П. Маркелов

на НХЗ в Кстове привозят в железнодорожных цистернах сжиженные углеводороды, добытые из попутного газа. Это преимущественно фракции  $C_3$ — $C_4$  (пропан и бутан). Но есть и более тяжелые углеводороды — пентан, гексан, гептан... Всему этому богатству предстоит пройти испытание огнем, чтобы возродиться в новом качестве.

Вообще, у химиков-технологов не так велик набор инструментов, которыми они воздействуют на вещество, — температура, давление, катализаторы, ингибиторы и всякого рода разбавители (инертные газы, водяной пар и растворители). Но искусное владение этим арсеналом позволяет творить чудеса: чуть температуру поднял, давление прибавил, водяного пара подпустил, нужные катализатор и ингибитор подобрал, и вот уже состав конечных продуктов изменился. Этими инструментами умело пользуются и на НХЗ.

Смесь жидких углеводородов поступает в печи пиролиза — огромные сооружения с длинными трубами, стоящие рядом. Девять сдвоенных чешских печей, установленных в момент строительства завода, исправно работают до сих пор. Конечно, морально они несколько устарели. Поэтому им в помощь — три новеньких голландских печи четвертого поколения, запущенные в 2004—2006 годах. У них и КПД использования тепла получше, и производительность повыше. Вообще, печи на подмену должны быть обязательно. Ведь после каждых двух-трех месяцев непрерывной работы печи останавливают, чтобы их почистить — выжечь осевший на стенках в процессе пиролиза кокс, который начинает мешать эффективному теплообмену. Обычно печь за три дня приводят в порядок. Но эти три дня ее должны подменить другие.

Термический пиролиз углеводородов пока что остается основным способом получения низших олефинов: этилена и пропилена. Под воздействием только высоких температур предельные углеводороды теряют водород и становятся непредельными, рвутся углеродные цепи с образованием более легких и потому более летучих углеводородов — этилена и пропилена, увеличивающих объем реакционной массы. Процесс протекает по цепному свободно-радикальному механизму — такова общепринятая точка зрения сегодня. Однако на поздних стадиях пиролиза начинают заявлять о себе реакции конденсации, в результате которых образуются ароматические углеводороды. Здесь же образуются и твердые продукты — кокс. Чтобы эти нежелательные реакции свести к минимуму, сырье разбавляют водяным паром в соотношении 1 к 0,4—0,5. В результате парциальное давление углеводородов снижается и равновесие реакции по принципу Ле-Шателье смещается в сторону образования легких летучих продуктов, то есть желаемых этилена и пропилена.

Печи пиролиза тоже не так просты, как кажется на первый взгляд. Они состоят из двух отсеков — конвекционного и радиантного. В первом сырье и водяной пар подготавливают к пиролизу — нагревают до 500—600°C. Причем реакционная смесь, движущаяся по трубчатке, здесь разогревается дымовыми газами, о происхождении которых чуть позже. А затем подогретая смесь углеводородов поступает в так называемый пирозмеевик, вертикально подвешенный в радиантном отсеке. Здесь углеводороды, стремительно движущиеся внутри труб змеевика, разогреваются внешним тепловым излучением в печи. Его испускает раскаленная внутренняя обшивка, подогреваемая с другой стороны пламенем сгорающего топлива. (А дымовые газы от этого сжигания и работают грелкой в конвекционном отсеке.) Температура в змеевиках поднимается до 850°C. Этого достаточно, чтобы пиролиз успешно прошел. Причем время пребывания углеводородов в



## ГОД ХИМИИ

зоне реакции составляет всего лишь 0,6—0,7 секунды. В новых голландских печах, к слову, это время еще меньше — 0,3—0,5 секунды. За такое мгновение и чихнуть-то не успеешь.

### Как их разделить?

В горячих газообразных продуктах реакции содержится много чего нужного. Состав, разумеется, зависит от исходного сырья, но в среднем печь пиролиза дает нам 20% метана, 32—33% этилена, 15—16% пропилена, 10% приходится на бутилен-бутадиеновую фракцию, от 7 до 18% — на долю фракции  $C_5$ — $C_9$  (их называют жидкими продуктами пиролиза, а на заводе — «пиролизным бензином»). Есть еще всякая мелочь: 4% этана, по 0,4—0,5% ацетилена и метилацетиленовой фракции и 3—4% тяжелых смол. Как все это разделить и что делать с мелкими примесями? Для разделения на заводе используют два процесса — последовательное сжатие смеси под давлением, позволяющее разделить смесь продуктов на крупные фракции, и последующая ректификация каждой из фракций.

Но прежде всего, эту смесь надо охладить. Причем быстро, пока в горячих продуктах пиролиза не начались вторичные реакции. Поэтому газы после печей пиролиза направляются в закалочно-испарительный аппарат (ЗИА) — большую одиноко стоящую башню-емкость. Здесь температура смеси падает до 150°C, после чего ее отправляют на так называемое компримирование. Охлажденным газам предстоит пройти несколько ступеней сжатия на компрессорах, чтобы превратиться в жидкость. Здесь же, на участке компримирования, легко отделяются остывшие и сконденсировавшиеся тяжелые смолы пиролиза. Кстати, вполне товарный продукт, на который есть свои потребители. Вообще, на НХЗ ничего не выбрасывают — ни один продукт, пусть даже самый побочный, не идет в отход, все в дело.

*Чтобы разделить продукты пиролиза, надо сжать газообразную смесь. Это и делают с помощью мощных компрессоров*





*На ректификационных колоннах этилен отделяют от этана, а пропилен от пропана*

На первой ступени сжатия конденсируются самые тяжелые продукты — фракций  $C_{6+}$ , или пироконденсат. Следующая ступень сжатия переводит в жидкую фазу продукты фракции  $C_5$ . Жидкие продукты первых двух ступеней — это сырье для получения бензола, который делают здесь же на комплексе установок. Следующая ступень сжатия позволяет отделить жидкую фракцию  $C_4$ , следующая —  $C_3$ . И, наконец, на последней ступени мы получаем смесь самых легких продуктов — водорода, метана, этана, этилена и ацетилен. А дальше идет череда химических преобразований: надо отделить метан, чтобы направить его на разогрев печей пиролиза, надо отделить водород, который необходим для гидрирования ацетилен, и так далее. Все эти процессы искусно увязаны между собой, и все они работают на получение максимального выхода целевого продукта. А наша цель — этилен.

Чтобы выделить этилен из этан-этиленовой фракции, надо прогнать ее через ректификационную колонну высотой около 60 метров. Благодаря разнице в температурах кипения этилен и этан разделяются, отделяются и остатки метана. Все, кроме этилена, возвращается в цикл на повторную переработку. Одна колонна дает 30 тонн этилена в час. Этот чистенький товарный продукт можно «упаковывать», а в нашем случае прямоком гнать по трубопроводу длиной 57 км в Дзержинск на свой же, сибуровский завод по производству окиси этилена. Ведь этилен — это газ, сжигать его и перевозить в цистернах невероятно дорого. Именно поэтому в большинстве случа-

ев производство этилена ориентировано на внутрикорпоративное потребление, когда предприятия связаны между собой

Аналогично происходит выделение пропилена из пропан-пропиленовой фракции  $C_3$  на своей колонне ректификации. Выход пропилена — 65—80%, это товарный продукт, а вот пропан возвращается на пиролиз. Бутилен-бутадиеновая фракция  $C_4$  тоже выделяются на отдельной ректификационной колонне. Этот продукт целиком отправляется на завод «СИБУР-Шина» в Ярославле, где используется для изготовления каучука.

## Бензол

Бензолный «цех», как, впрочем, и все остальные, примечателен тем, что здесь не пахнет — ни бензолом, ни сероводородом, ничем. А это значит, что все агрегаты и их соединения хорошо подогнаны и содержатся в порядке.

В том пироконденсате, который мы получили в результате разделения, содержится 60—70% ароматики — бензола, толуола и ксилола. Остальное приходится на долю неароматических углеводородов  $C_6-C_8$  и тяжелой фракции  $C_{9+}$ . Последнюю и отделяют в первую очередь на первой же колонне в бензолном цеху. То, что осталось, гидрируют, чтобы избавиться от диеновых продуктов и стирола. Этот процесс сам по себе не пойдет, поэтому прибегают к помощи палладиевого катализатора, а температуру в зоне реакции поднимают до  $\sim 100^\circ\text{C}$ .

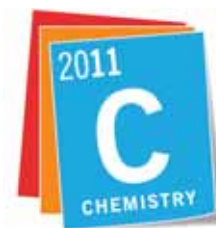
Но прежде чем мы займемся бензолом, необходима еще одна важная процедура — надо избавиться от сернистых соединений, которые всегда присутствуют в этой смеси. Проблема решается с помощью кобальто-молибденового катализатора и нагрева до  $340^\circ\text{C}$ . В результате образуется сероводород и чистенькая смесь  $C_6-C_8$ , которая направляется на гидродеалкилирование.

Здесь еще жарче. Смесь подогревают в печи до  $590^\circ\text{C}$ , чтобы процесс пошел. А дальше в реакторе он так расходуется, что разогревает содержимое печи до  $700^\circ\text{C}$ . В результате происходит так называемое деалкилирование — толуол и ксилол лишаются своих боковых групп, образуя метан, этан и бензол. Метан возвращают в топливный блок, этан — в печь пиролиза, пусть попробует еще раз превратиться в этилен, а бензол — в цистерны и на заводы, свои или сторонние.

## Мощности и мечты

Вот так схематично, с точки зрения химика, и слишком подробно, с точки зрения далекого от химии человека, выглядит процесс промышленного получения славной тройцы — этилена, пропилена и бензола на НХЗ в Кстове. Сегодня «СИБУР-Нефтехим» входит в пятерку крупнейших российских производителей этилена, на его долю приходится 10—11% всего этилена, производимого в стране, а НХЗ производит 11% пропилена и 8% бензола от общего объема производства в стране. Весь этилен поступает на переработку на другие заводы компании, 34% пропилена уходит на экспорт.

В целом все выглядит неплохо, однако проблемы есть. И главная — стареющее оборудование, которое не позволяет наращивать мощности. Технологический прогресс идет быстро, появляются более эффективные и производительные аппараты. Но ведь немислимо перестраивать заводы каждые 10—15 лет. Поэтому сегодня в компании разработан план модернизации НХЗ. Процесс уже пошел, и к 2013 году на НХЗ в Кстово мощность его установок будет увеличена по всем целевым продуктам: этилена — с нынешних 240 тысяч тонн в год до 360, пропилена — с 116 до 180, бензола — с 96 до 105. А к 2015-му мощность мо-



ГОД ХИМИИ

*Петр Владимирович Крупнов, директор «СИБУР-Нефтехима», считает, что тот, кто в совершенстве овладеет катализаторами, будет править миром*

жет еще больше прирасти — до 450 тыс. тонн этилена, 220 тыс. тонн пропилена и 140 тыс. тонн бензола в год.

Но как же это можно сделать на том же оборудовании? Частично оно будет заменено. Новые голландские печи четвертого поколения уже готовы к работе. В строй будут введены новые компрессоры, а система газоразделения с ее ректификационными колоннами подвергнется серьезнейшей реконструкции. Разумеется, все это потребует средств, и не малых, а также добавит головной боли, волнений и сверхурочных. Но для тех, кто влюблен в свое производство, это приятные, созидательные хлопоты. А здесь люди именно таковы. Директор НХЗ Вячеслав Васильевич Ретузин знает на заводе каждый винтик и фланец, поскольку прошел весь путь от аппаратчика до директора, и потому пользуется безграничным и заслуженным уважением. Да и с его подчиненными приятно иметь дело: добродетельные, спокойные, с чувством достоинства, в общем — позитивные, как говорит сегодня молодежь. Видимо, развитию этих качеств, столь ценимых мною в мужчинах, способствует характер работы, когда ты каждый день видишь результаты своего труда — продукцию твоего завода, которую ждут. Не знаю, понимают ли они, что именно производственники держат на плаву мировую экономику, а вовсе не банки.

Набегавшись по заводу, возвращаемся в Нижний Новгород и устраиваемся в кабинете у Петра Владимировича Крупнова, генерального директора «СИБУР-Нефтехима». Хозяин угощает чаем. Разговор от дел производственных плавно переходит к науке. У «СИБУР-Нефтехима» есть собственный научно-исследовательский центр, по сути, целое нефтехимическое НИИ. Но этот отраслевой институт в Дзержинске меркнет перед корпоративным научно-исследовательским центром СИБУРа, который называется НИОСТ и находится в Томске. Центр оснащен самым современным аналитическим оборудованием и пилотными установками. Научная команда здесь работает более чем по 40 направлениям. Разумеется, приоритетны прикладные исследования, но и на долю фундаментальных приходится заметная часть. Компания возлагает большие надежды на свой исследовательский центр и потому денег не жалеет. Объем инвестиций СИБУРа в НИОСТ уже составил 1,3 миллиарда рублей.

У СИБУРа прекрасный слоган: «Искусство тонких преобразований», который придумал президент компании

Дмитрий Конов. «Но без науки никаких тонких преобразований не получится», — замечаю я. «Да, конечно, — соглашается со мной Петр Владимирович, — поэтому мы начали возрождение собственного исследовательского центра, который будет работать в тесной связи с НИОСТом. Кроме того, мы налаживаем активное сотрудничество с Институтом катализа РАН в Новосибирске, с ИНХС им. Топчиева в Москве. Нужны новые эффективные катализаторы. Перефразируя классика, можно сказать: тот, кто в совершенстве овладеет катализаторами, тот будет править миром».

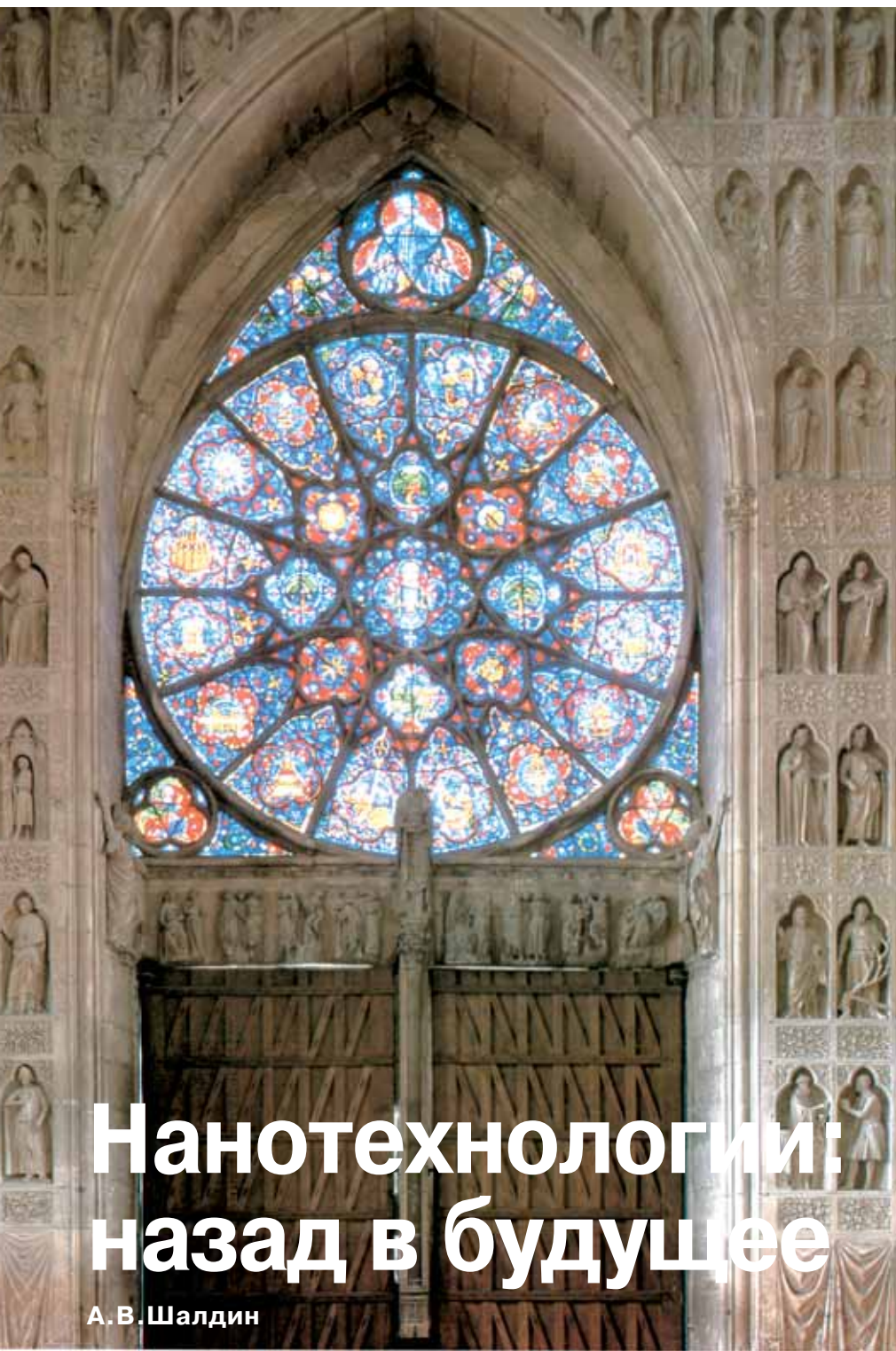
Сложность и многоступенчатость технологического процесса на НХЗ поражает. Невозможно пересчитать все стадии — обязательно собьешься со счета. И понятно, что руководители мечтают о простых преобразованиях, которые позволят в одну стадию, например, из метана получать этилен. К слову сказать, процесс получения этилена из метана в лабораториях ученых уже создан, только для промышленного использования непригоден — ни технологически, ни финансово. Но мысль верная. Правда, в своих мечтах я еще большая экстремистка и сырьем для будущей химической промышленности считаю метан, а углекислый газ. А почему бы и нет? Ведь растения владеют фотосинтезом в совершенстве? Пора бы уже и человеку освоить эту уникальную природную технологию.

## О самом главном

На этом можно было бы и закончить репортаж. Но кажется, я забыла сказать о самом главном: зачем нам с вами нужны этилен, пропилен и бензол? Ну, это совсем просто. Назову лишь основные, легко узнаваемые продукты. Из этилена при дальнейшей переработке можно получить много чего, но достаточно упомянуть лишь два продукта — полиэтилен и этиловый спирт. Из пропилена также получают полимеры, глицерин, изопропиловый и бутиловый спирты. А бензол необходим для изготовления синтетических волокон, пластмасс, красителей и огромного спектра продуктов органического синтеза. И для каждого из перечисленных случаев работает отдельное производство.

Полезно бывать на химических заводах. Вот насмотрелась на то, как получают этилен, и рука уже не поднимается выбросить полиэтиленовый пакет в мусорное ведро, хотя он для этого предназначен, — слишком много труда и ресурсов вложили технологи и заводчане, чтобы добыть это вещество.





# Нанотехнологии: назад в будущее

А.В. Шалдин

*Говорят, что нанотехнологии — это наше будущее. На самом деле пользуемся мы ими давно, просто не знаем, что они «нано». Более того, нанотехнологии применяли уже три тысячи лет назад. В статье рассказывается о том, как мастера и ученые разных времен и народов манипулировали нанообъектами, еще не понимая, что делают именно это. И если уж их технологии заслуживают модной приставки «нано», то современным химикам (см. статью главного редактора в этом же номере) тем более не стоит упускать эту возможность.*

Основатель нанотехнологий — знаменитый американский физик и лауреат Нобелевской премии Ричард Фейнман. Он достаточно подробно рассмотрел последствия безгранич-

ной миниатюризации с позиций теоретической физики в своем известном выступлении перед Американским физическим обществом в декабре 1959 года. Правда термин «нано-

технологии» был введен позднее, а широкое распространение получил только в последние годы.

Однако тот факт, что мелкие частицы различных веществ обладают иными свойствами, чем то же вещество с более крупными размерами частиц, был известен давно. Люди занимались нанотехнологиями и не догадывались об этом. Конечно, нельзя говорить о широком и осознанном использовании таких технологий, поскольку во многих случаях секрет производства просто передавали из поколения в поколение, не вдаваясь в причины уникальных свойств, которые приобретают материалы.

## Древний Египет

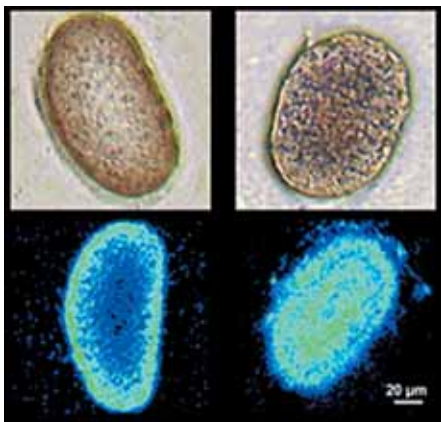
Недавние исследования захоронений, проведенные доктором Филипом Вальтером из Центра исследований и реставрации французских музеев, показали, что в Древнем Египте нанотехнологии применяли для окрашивания волос в черный цвет. Группа исследователей не только изучила образцы волос из древнеегипетских погребений, но также в серии экспериментов воспроизвела древнюю технологию окрашивания (рис.1). До этого считалось, что египтяне использовали преимущественно натуральные растительные красители — хну и басму. Однако оказалось, что в черный цвет волосы красили пастой из извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , оксида свинца  $\text{PbO}$  и небольшого количества воды. В процессе окрашивания получались наночастицы галенита (сульфида свинца).

Естественный черный цвет волос обеспечивает пигмент меланин, который в виде включений распределен в кератине волоса. Древнеегипетским парикмахерам удавалось добиться, чтобы красящая паста реагировала с серой, входящей в состав кератина, и образовывались частицы галенита размером до пяти нанометров. Они то и обеспечивали равномерное и устойчивое окрашивание. При этом процесс затрагивал только волосы, а в кожу головы соединения свинца не проникали.

## Древний Рим

Чаша Ликурга (IV век до н.э.) — одно из выдающихся произведений древнеримских стеклодувов, хранящихся в Британском музее. Этот кубок необычен не только своими оптическими свойствами, но и уникальной для тех времен методикой изготовления. Матовая зеленая чаша становится крас-





**1**  
*Поперечный срез волос, полученный оптическим (вверху) и флуоресцентным (внизу) методами. Видно, что при длительном воздействии древней краски наноразмерные кристаллы глубже проникали в структуру волоса (справа), чем при кратковременном (слева)*

ной, если ее осветить изнутри (рис. 2). Впервые анализ фрагмента чаши Ликурга провели в лаборатории «Дженерал электрик» в 1959 году — ученые пытались выяснить, что это за уникальное красящее вещество. Химический анализ показал, что хотя чаша состоит из обычного натриево-известково-кварцевого стекла, в нем есть около 1% золота и серебра, а также 0,5% марганца. Тогда же исследователи предположили, что необычный цвет и рассеивающий эффект стекла обеспечивает коллоидное золото (рис. 2). Очевидно, что техноло-



**2**  
*Чаша, на которой изображен царь эдонов Ликург, которого Дионис поразил безумием, меняет свой цвет в зависимости от того, где находится источник света: снаружи (слева) или внутри (справа). Посередине рисунка — наночастица золота из образца стекла чаши Ликурга, увиденная с помощью электронного микроскопа*

гия получения подобного материала была очень сложной.

Позже, когда методики исследования стали совершеннее, ученые обнаружили с помощью электронного микроскопа и рентгенограмм частицы золота и серебра размером от 50 до 100 нм. Именно они отвечали за необычную окраску кубка. Профессор Гарри Этуотер в своей обзорной статье по плазмонам, опубликованной в апрельском номере «Scientific American» 2007 года, объяснил это явление так: «Благодаря плазмонному возбуждению электронов металлических частиц, распределенных в стекле, чаша поглощает и рассеивает синее и зеленое излучение видимого спектра (это сравнительно короткие волны). Когда источник света снаружи и мы видим отраженный свет, то плазмонное рассеивание придает чаше зеленоватый цвет, а когда источник света оказывается внутри чаши, то она кажется красной, поскольку стекло поглощает синюю и зеленую составляющие спектра, а более длинная красная — проходит».

## Витражи

Яркие цвета витражей, украшающих храмы средневековой Европы, впечатляют нас до сих пор. Исследования показали, что стекло делали цветным добавки наночастиц золота и других металлов. Чжу Хуай Юн из Технологического университета Квинс-

## С МИРУ ПО НИТКЕ

ленда (Австралия) высказал предположение, что витражи были не только произведениями искусства, но и, выражаясь современным научным языком, фотокаталитическими очистителями воздуха, удаляющими органические загрязнения. Катализаторами служили те же самые наночастицы золота. Ученый доказал, что крошечные частицы золота на поверхности стекла под воздействием солнечного света переходили в возбужденное состояние и могли разрушать органические загрязнения (те, которые до них долетали). Более того, они и сегодня сохраняют свою каталитическую активность.

«Когда золото измельчено до размеров наночастиц, оно становится очень активным под действием солнечного света. Электромагнитные колебания солнечного излучения резонируют с колебаниями электронов золотых наночастиц. В результате общее магнитное поле на поверхности наночастиц золота увеличивается в сотни раз и разрушает межмолекулярные связи загрязняющих агентов, содержащихся в воздухе». Профессор Чжу предполагает, что побочным продуктом этих реакций был углекислый газ, который в небольших количествах сравнительно безопасен.

В настоящее время аналогичная технология лежит в основе создания эффективных очистителей воздуха. Для их работы достаточно солнечного света, нагревающего наночастицы золота, тогда как обычные очистители (в них обычно используют оксид титана, серебро) требуют гораздо больше энергии для нагрева всего катализатора.

## Восток — дело тонкое

Во время крестовых походов европейцы столкнулись с лезвиями из дамасской стали, обладающими уникальными свойствами. Европейские оружейники не умели делать такие клинки. У них был характерный волнистый узор на поверхности — его по названию плетения ткани называли дамасск, — необычные механические



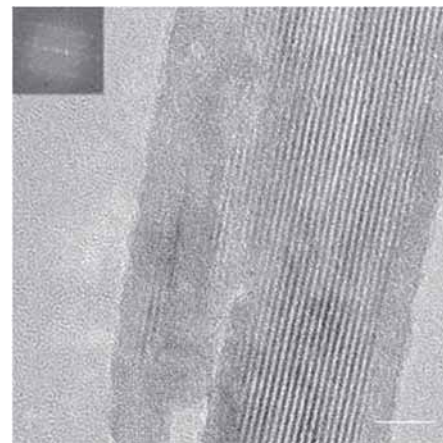
свойства (гибкость и твердость) и исключительно острое лезвие.

Считается, что дамасские лезвия выковывали из небольших «пирогов» стали (его называли вуц), произведенных в Древней Индии. Сложная термомеханическая обработка, ковка и отжиг, применяемые при получении вуца, придавали стали необычные свойства и обеспечивали ее исключительное качество. Чаще всего в литературе можно встретить «рецепт» производства вуца, который был в ходу в Салеме и некоторых частях Майсора (Южная Индия).

Кусок плавкого железа, полученный из магнитной руды, весом около фунта мелко дробится, увлажняется и помещается в горн из огнеупорной глины вперемешку с мелко нарубленными кусками древесины ранавара (*Cassia auriculata*, дерево семейства бобовых). После плавки в горне открытые горшки покрывают зелеными листьями калотрописа (*Calotropis gigantea*), поверх которых накладывают лепешки из глины, высушенной на солнце до твердого состояния. Древесным углем заменить зеленые листья нельзя, получится не то. Дюжины две таких горшков

(тиглей) помещают на пол печи, жар в которой поддерживают с помощью мехов из бычьих пузырей. Топливом служил в основном древесный уголь и высушенные на солнце коровьи лепешки. Через два-три часа плавки тигли остужают, раскалывают и оттуда извлекают заготовку, формой и размером напоминающую половину яйца. Согласно записям известного путешественника и купца Жана-Батиста Тавернье, самые лучшие заготовки для стали делали под Голкондой (Центральная Индия). Они были размером с небольшой пирог, и их хватало, чтобы сделать два меча.

Образец стали, взятый от подлинной дамасской сабли работы известного оружейника семнадцатого века Ассэда Уллаха, ученые Дрезденского университета (Германия) четыре года назад исследовали с помощью электронного микроскопа высокого разрешения. В структуре материала они обнаружили углеродные нанотрубки. Ученые и до этого не раз пытались определить микроструктуру дамасской стали, но на этот раз они сначала протравили образцы соляной кислотой, и именно это дало неожиданные резуль-



3  
*Нановолокна цементита, заключенные в углеродные нанотрубки, в образце дамасской стали после травления соляной кислотой (получено методом электронной микроскопии)*

таты. После обработки обнаружили неразрушенные структуры цементита (карбида железа, который упрочняет сталь). Это позволило физикам предположить, что волокна цементита заключены в углеродные нанотрубки (рис. 3), которые и защищают его от растворения в соляной кислоте.



## РЕШЕНИЕ, ПРИНЯТОЕ В ПОЛЬЗУ ТОЧНОСТИ...

### ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ

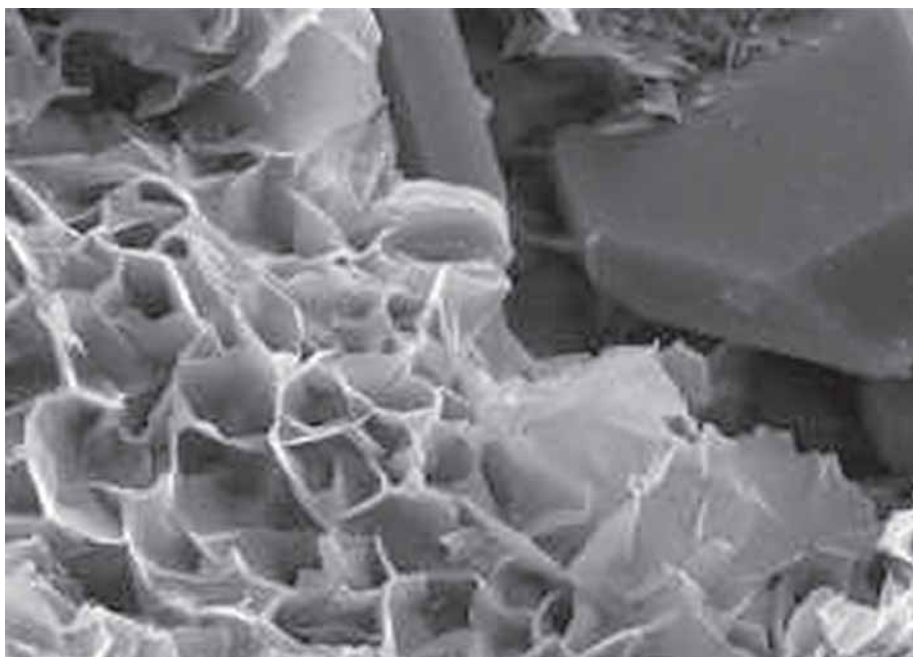
<p>2004</p> <p>КАТАЛИТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ НЕВЫСОКОДАВЛЕНИЯ</p>	<p>2008</p> <p>МНОГОЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ (ДО 100 АТМ)</p>	<p>2005</p> <p>УСТАНОВКА ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ КРЕМНИЯ</p>
<p>2009</p> <p>УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГАЗОВОЙ И ВОЗДУШНОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДАВЛЕНИИ</p>	<p>2008</p> <p>УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГАЗОВОСТИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ВАКУУМНОГО ГАЗОВЫЯ</p>	<p>2006</p> <p>УСТАНОВКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ</p>



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

#### ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

- КАК НАДЕЖНОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
- ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ
- ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВЫТРУЖЕННЫХ 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



4  
*Микрофотографии наночастиц серебра*

Откуда в дамасской стали взялись нанотрубки? Сформировались из углеродородов внутри микропор, причем катализатором могли служить ванадий, хром, марганец, кобальт, никель и некоторые редкоземельные металлы, содержащиеся в руде. При производстве дамасской стали температура обработки была ниже стандартной — 800° С. Во время циклической тепловой обработки получались углеродные нанотрубки, которые потом превращались в нановолокна и крупные частицы цементита ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Циклическая механическая обработка (ковка) и соответствующий температурный режим постепенно распределяли углеродные нанотрубки в плоскостях, параллельных плоскостиковки, делая микроструктуру стали мелкозернистой и пластинчатой. И действительно, как показали последние исследования ученых из Дрезденского технического университета, микроструктура цементита представлена нановолокнами.

Авторы исследования считают, что особенная слоистая структура дамасских лезвий связана также с примесями, содержащимися в руде из редких индийских месторождений. Уменьшающиеся запасы этой руды привели к тому, что многие оружейники, не знавшие тогда о легирующих элементах, не смогли получить дамасскую сталь, и после истощения рудников в конце XVIII века никому так и не удалось полностью воссоздать ее. Даже зная древний рецепт, европейские оружейники не смогли сделать настоящую дамасскую сталь, которая имела уникальные свойства благодаря наноструктурам.

### Удивительные свойства серебра

Серебро используют в качестве природного антибиотика уже несколько тысячелетий. Первое упоминание о том, что серебро обеззараживает воду, можно найти у древнегреческого историка Геродота. Он писал, что персидский царь Кир пил воду только из определенной реки. В путешествия он брал с собой целый караван серебряных сосудов, наполненных этой водой, и она всегда была свежей.

В XIV веке от чумы умерло более четверти населения Европы. И хотя в то время была неизвестна причина заболевания, но было замечено, что богатые люди заражались довольно редко. Есть основания полагать, что богатые ели с серебра и это до некоторой степени защищало их от бактерий, вызывающих чуму.

Известно, что американские пионеры клали серебряный доллар в молоко, чтобы сохранить его свежим. Во второй половине XIX века немецкий акушер-гинеколог Карл Креде открыл мощный антигонорейный эффект 1%-ного раствора азотнокислого серебра. Это открытие позволило ликвидировать в родильных домах Германии гнойные гонорейные воспаления глаз у новорожденных.

Немецкий хирург Бенне Креде, продолживший исследования своего отца, на XII международном съезде врачей доложил о широких возможностях применения препаратов серебра в гнойной хирургии и о хороших результатах лечения септической

инфекции их внутривенным введением. Существующие на тот момент препараты на основе солей серебра обладали прижигающим эффектом. Бенне Креде совместно с химиками предложил использовать серебро в неионизированном состоянии — в виде коллоидных частиц металлического серебра. По сути, это были наноразмерные частицы серебра, взвешенные в воде (рис. 4).

После этого были созданы лекарственные препараты протаргол (золь оксида серебра) и колларгол (коллоидный раствор серебра). Высокая бактерицидная эффективность коллоидного серебра связана с тем, что оно подавляет работу фермента, обеспечивающего кислородный обмен у бактериальных клеток — это вызывает их гибель.

С открытием антибиотиков и сульфаниламидов интерес к препаратам серебра снизился. Но в последнее время из-за побочных эффектов этих лекарств (аллергия, дисбактериоз, токсическое действие на внутренние органы, развитие полирезистентности патогенных бактерий к антибиотикам) противомикробные свойства серебра вновь стали привлекать внимание медиков. Современные исследования коллоидного серебра показали, что оно обладает способностью обезвреживать некоторые штаммы вируса гриппа, а также энтеро- и аденовирусы.

Сегодня нанотехнологии интегрированы в огромное количество научных дисциплин, а современные методы позволяют создавать наноматериалы с заданными свойствами. Когда-то в древности применение нанотехнологий носило случайный характер. Суть была непонятна, поэтому производство уникальных материалов сводилось к точному повторению стадий технологий. Только сейчас с помощью современных методов исследования мы узнаем, что это были наноматериалы.



## МАГНИТ ДОЛБИТ СТАЛЬ

*Импульс магнитного поля прорезывает дырки в стальном листе за доли секунды.*

Verena Krausel,  
verena.krausel@  
iwu.fraunhofer.de

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

Сверлить сталь нелегко — сверло быстро становится тупым, а на рабочем месте остаются металлические стружки. Можно применить лазер, однако он требует много энергии.

Ученые из Фраунгоферовского института инструментов и технологии формообразования решили воспользоваться импульсом магнитного поля. Установка состоит из зарядного устройства, конденсатора и соленоида. В конденсаторе накапливается заряд, затем он за микросекунды разряжается, и в катушке возникает мощный ток, который, в свою очередь, порождает импульс магнитного поля. Поле настолько сильное, что кусочек стали, оказавшийся под его действием, буквально вылетает из листа. «Лазер делает отверстие за 1,4 секунды, а магнитный импульс — за миллисекунды», — говорит руководительница работы доктор Верена Краузель. Новое устройство проходит испытания на заводе «Фольксвагена».

## ЗАБОТА ПАЗАРИТА

*Оказываясь, паразит способен заботиться о захваченной им клетке и обеспечивает ей долгую жизнь.*

Marina Chuenkova,  
marina.chuenkova@  
tufts.edu

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

Африканская трипаносома, распространяемая мухой це-це, вызывает сонную болезнь. А латиноамериканская *Trypanosoma cruzi*, распространяемая клопами, вызывает болезнь Чагаса — поражение сердца и нервной системы. Живет этот паразит в клетках сердечной мышцы и кишечника, причем человек может никак не ощущать присутствие паразита, пока сердце и кишечник не увеличатся в размерах настолько, что возникает дискомфорт.

«Мы давно недоумевали, как же получается, что в клетке могут обитать тысячи трипаносом, а она от этого не умирает, давая им возможность жить и размножаться за счет своих ресурсов», — говорит профессор университета Тафтса Мерцио Перрин, который методами биоинформатики и иммунохимии провел исследование вместе со своей коллегой Мариной Чуенковой.

Оказалось, что тайна трипаносомы находится на ее поверхности: там расположен белок, способный активировать клеточный фермент — киназу Akt. А эта киназа тормозит деятельность белков, вызывающих апоптоз клетки. Более того, благодаря повышенному содержанию фермента клетка потребляет гораздо больше питания и ее обмен веществ ускоряется. Получается, что паразит заботится о захваченной им клетке и всячески поддерживает ее жизнь на необходимом для него уровне. Ученые надеются, что эту идиллию им удастся нарушить.

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

## ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

*В 1809 году неизвестный вулкан сильно охладил Землю.*

Jihong Cole-Dai,  
Jihong.Cole-  
Dai@sdstate.edu

В начале позапрошлого века, когда Наполеон победно шествовал по Европе, а затем Священный союз реставрировал французскую монархию, ознаменовалось очень сильным похолоданием. Например, 1816 год вошел в историю как год без лета, а период 1809–1819 годов вообще оказался самым холодным за 500 лет. Современные климатологи из университета Южной Дакоты, Гренобльской лаборатории гляциологии и университета имени Поля Сезанна во главе с профессором Цзи-хун Коле-Даем заинтересовались этим феноменом и провели исследования соответствующих по времени слоев льда из антарктических и гренландских ледников.

Как и ожидалось, в них нашли повышенное содержание серы, которая могла образоваться в результате мощного извержения вулкана: возникающие при этом облака из частиц аэрозоля серной кислоты, скапливаясь в стратосфере, надолго закрывают Землю от солнечного тепла. И действительно, хроника свидетельствует: в 1815 году в Индонезии взорвался вулкан Тамбора, который выбросил 100 миллионов тонн диоксида серы и убил 88 тысяч человек. Однако этот вулкан не мог вызвать похолодание 1809 года. Изучение льда показало, что на самом деле за шесть лет до Тамбора где-то в районе экватора взорвался еще один мощный вулкан. Вот так вдвоем они и охладили Землю на долгие годы. Видимо, не зря академик Ю.А.Израэль указывает, что если уж бороться с глобальным потеплением, так надо время от времени распылять аэрозоль в стратосфере, а не мучительно и долго сокращать выделение углекислого газа без видимого эффекта. И объем этого аэрозоля понятен: один мощный вулкан в десятилетие.

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

## ЧИСТЫЙ КРАХМАЛ ИЗ КАРТОШКИ

*Картошку, содержащую только один вид крахмала — амилопектин, вывели немецкие биоинженеры.*

Dirk Prufer,  
dpruefer@unimuenster.de

В клубнях обычного картофеля есть два вида крахмала: нерастворимый в воде амилопектин и растворимая амилоза. Именно первый находит применение в промышленности — им обрабатывают бумагу, чтобы сделать ее гладкой, покрывают нитки и используют для изготовления всевозможных липких связующих. В общем, одни только немцы за год употребляют полмиллиона тонн этого вещества. И вынуждены тратить немало сил для того, чтобы отделить его от амилазы.

Ученые из Фраунгоферовского института молекулярной биологии и прикладной экологии во главе с профессором Дирком Пруфером решили облегчить жизнь изготовителей крахмала и вырастить картошку с одним амилопектином. Для этого они вызвали мутации в картофельных семенах, а затем, анализируя первые личинки всходов, пытались найти те, в которых будет правильный геном: с подавленными генами амилозы. Удача улыбнулась им после проведения 2748 опытов. Применяя ученые традиционные методы селекции, работа растянулась бы на годы, а так, благодаря достижениям геномики, удалось решить ее гораздо быстрее. Из удачного растения получили саженцы — и вот осенью 2009 года первые 100 килограммов картофеля с чисто амилопектиновыми клубнями отправились на экспериментальную переработку.



**ЖИЛКИ УСПЕХА**

*Цветковые растения победили хвойные потому, что их листья пронизаны сетью жилок.*

«Ecology Letters», DOI: 10.1111/J.1461-0248.2009.01410.x

Вместе с динозаврами вымерли и многие растения, обитавшие в то время. Их место заняли цветковые растения. Тим Бродрибб и Тейлор Филд из университетов Тасмании и Теннесси пришли к выводу, что залогом успеха цветковых стало устройство листа, которое позволяет в несколько раз увеличить продуктивность фотосинтеза.

Дело в том, что в начале кайнозоя концентрация углекислого газа оказалась гораздо ниже, чем в теплом мезозое. Чтобы обеспечить высокую скорость фотосинтеза в изменившихся условиях, растениям нужно было увеличить скорость доставки воды к листьям и ее распределения в них. У цветковых растений, которые появились 100–140 млн. лет тому назад, уже было главное — широкие листья с плотной сеткой жилок. Вот они и получили преимущество, превратившись в самую процветающую группу растительного мира.

Казалось бы, зачем нам это знание о событиях давным-давно минувших дней? А для того, чтобы понимать, каким главным качеством должно обладать идеальное растение для быстрого удаления парникового углекислого газа из атмосферы: если правильно устроенные листья помогли эффективно утилизировать углекислый газ в малых концентрациях, то каких же скоростей фотосинтеза можно достичь при большом содержании CO<sub>2</sub>, если спроектировать лист специально для этой цели?

**ПОЛЬЗА ОТ ИКРЫ**

*Рыбья икра, как ни один другой продукт, богата полиненасыщенными жирными кислотами.*

Jose Luis Guil-Guerrero, jlguil@ual.es

Казалось бы, никого не надо убеждать, что икра не только вкусна, но и полезна. Однако испанские ученые из Университета Альмерии решили это еще раз проверить и измерили содержание полиненасыщенных жирных кислот в икре таких рыб, как сардины, макрель, пинагор, хек и лосось, а также в икре кальмаров и каракатиц. Как оказалось, этих кислот в икре действительно много, причем 30% составляют самые полезные из омега-3 кислот, а именно эйкозопентаеновая и докозгексаеновая. Считается, что они замедляют развитие сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонии, диабета, депрессии и проявляют антираковую активность.

В общем, по мнению испанских ученых, человек, регулярно съедающий даже небольшое количество икры, будет здоровее.

**СТАФИЛОКОКК ПОД КОНТРОЛЕМ**

*Справиться с вредными стафилококками поможет очень простое лекарство.*

«Nature Chemical Biology», 2010, т. 6, № 1.

Стафилококки вызывают многие заболевания, в том числе ангину. И в то же время эти бактерии всегда живут в наших организмах. Почему они вдруг становятся опасными? Оказывается, в какой-то момент сразу множество этих одноклеточных существ изменяют свой обмен веществ и начинают синтезировать вещества, ядовитые для организма. Человек глотает антибиотик и убивает не только вредных стафилококков, но и множество своих полезных сожителей. Заодно он проводит искусственный отбор, в результате которого выживает сильнейший, в данном случае, золотистый стафилококк, смертельно опасный именно из-за устойчивости к антибиотикам.

Профессор Сандийской национальной лаборатории США Джеффри Бринкер с коллегами решил выяснить, откуда берется сигнал, перепрограммирующий стафилококков. Оказалось, что его может сформировать одна-единственная клетка колонии. Она вырабатывает некие белки, которые воздействуют на ее собственные рецепторы и активируют ранее молчавшие гены, что позволяет улучшить условия жизни. Сигнальные молекулы распространяются в окружающей среде и перепрограммируют других стафилококков. Раз все дело в сигнале, его можно перехватить, решили ученые. И точно, добавка недорогого вещества — липопроотеина очень низкой плотности (VLDL) — позволила связать сигнальные молекулы. Но после того как все липопроотеины задействованы, новые сигнальные молекулы, которые клетка не переставала синтезировать, продолжили свое черное дело. «Если поместить эти липопроотеины в наночастицы, которые смогут с током крови разноситься по организму, удастся без антибиотиков победить болезни, связанные с перепрограммированием стафилококков», — говорит Джеффри Бринкер.

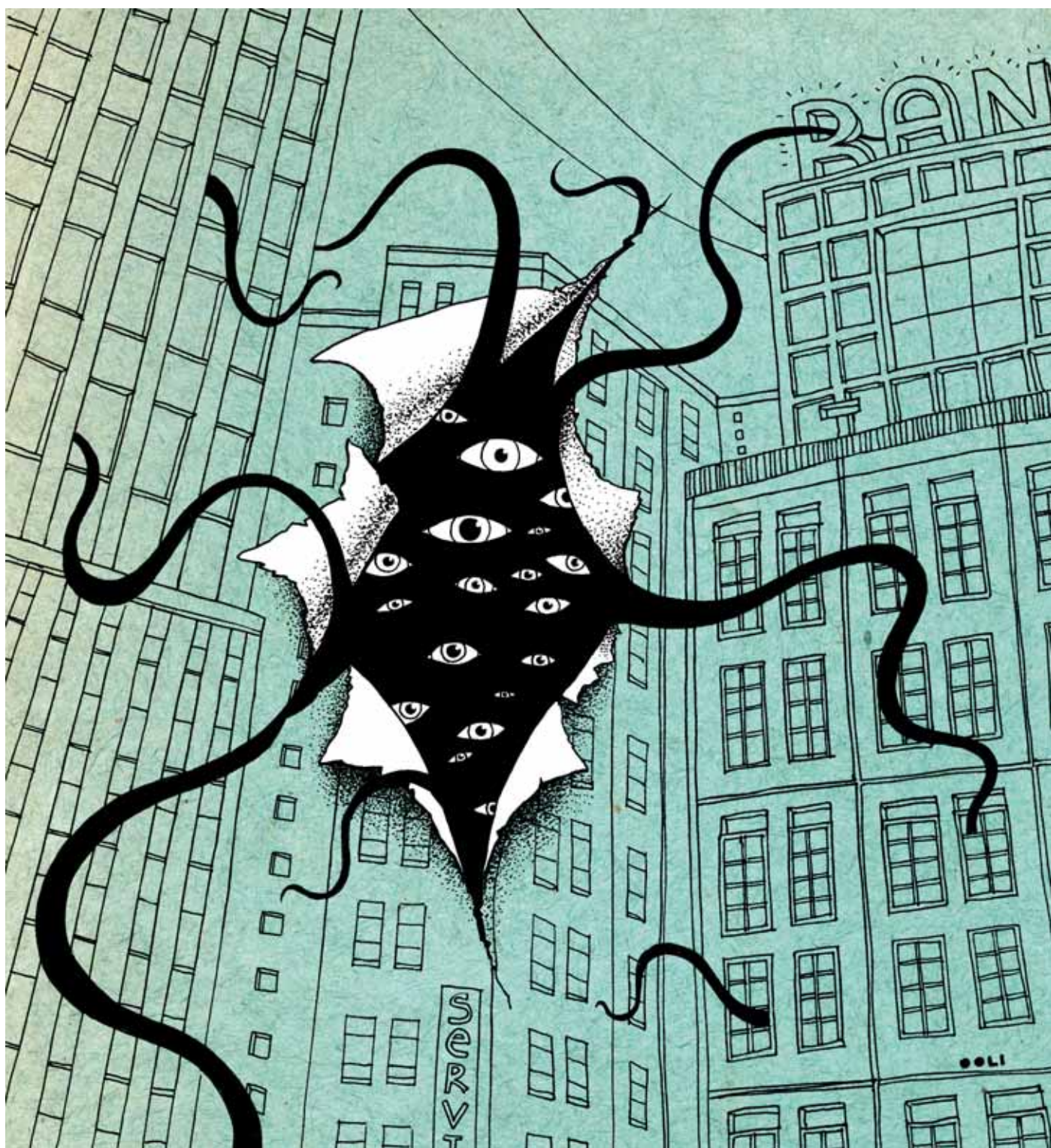
**ДИЕТА ДЛЯ МОЗГОВ**

*Полифенолы и полиненасыщенные жирные кислоты — вот что надо есть, чтобы сохранить ясный ум.*

«Journal of Alzheimer's Disease», 2009, т. 18, № 4.

Сорок лет назад считалось, что нервные клетки не восстанавливаются. Теперь концепция изменилась: оказалось, что они восстанавливаются по крайней мере в двух областях мозга — гиппокампе и обонятельной луковице, ответственных за память и восприятие. С годами превращение соответствующих стволовых клеток в нейроны замедляется, однако с этой неприятностью можно бороться, причем не только упражнениями для памяти, но и диетой.

Испанские ученые из Барселонского университета во главе с профессором Мерседес Унцетой поставили следующий опыт. В течение сорока дней, что в данном случае соответствует пятой части человеческой жизни, они кормили мышей едой с добавками крема, богатого полифенолами и полиненасыщенными жирными кислотами. Этот крем делает компания «La Morella Nuts» из сухофруктов, орехов, кокоса, растительного масла и муки с большим количеством растительных волокон. Как оказалось, у экспериментальных мышей в обеих областях мозга было гораздо больше и стволовых клеток, и свежееобразовавшихся нейронов, нежели в контрольной группе, лишенной чудодейственного крема. Остается добавить, что полифенолы содержатся в чае, пиве, вине, орехах, оливковом масле и фруктах, особенно в их кожуре. А полиненасыщенные жирные кислоты — в рыбе, сое, кукурузе, семечках подсолнечника и тыквы.



Художник К. Ставрова

# Мифы нашего времени

Мифы сопровождали человечество на протяжении всей его истории. Их порождали, с одной стороны, ограниченность нашего знания и страх перед необъяснимым, а с другой стороны — стремление объяснить непонятное. Казалось бы, по мере развития науки мифов должно было поубавиться. Но нет, на смену старым, развенчанным, приходят новые мифы нашего времени. И часто их создают не обычные люди, а сами ученые.

В этом году мы открываем новую рубрику «Мифы нашего времени». Наша цель — понять, сколько в том или ином расхожем мнении ошибок, а сколько — истины. Для этого мы познакомимся с точками зрения разных ученых и сообщим их вам. Потому что окончательный приговор мифам будете выносить вы, уважаемые читатели.

# Черная дыра в коллайдере

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

Если бы да кабы во рту росли грибы,  
то это был бы не рот, а целый огород.  
*Русская поговорка*

## Черные дыры в теории

Вопреки устоявшемуся мнению, созданному оговорками ученых и журналистов вроде «американские ученые установили, что в центре Галактики находится сверхмассивная черная дыра», или «вот телескоп Хаббл сфотографировал, как черная дыра поглощает соседнюю звезду» экспериментально не доказано существование ни одной черной дыры. Есть лишь кандидаты — объекты, обладающие аномально высоким гравитационным полем и другими приметами черной дыры (см. «Химию и жизнь», 2005, № 8). Более того, в некоторых теориях, например в релятивистской теории гравитации, разрабатываемой академиком А.А. Логуновым и группой его соратников из Протвино, черные дыры вообще отсутствуют (см. «Успехи физических наук», 2006, № 11). Стало быть, это гипотетический объект, существующий в ограниченном числе теорий. Откуда он может взяться в реальном эксперименте на Большом адронном коллайдере?

При ударе разогнанные протоны разлетаются на составляющие их партоны — кварки и какие-то другие частицы, пара из которых ввиду малого размера может оказаться в очень сильной близости друг от друга. В какой близости? В такой, что их суммарный объем и масса окажутся достаточными для пересечения сферы Шварцшильда, после чего вещество коллапсирует в черную дыру. Если большая часть выделившихся при столкновении 14 ТэВ энергии передастся этим двум партонам, то их масса будет значительна, ведь она равна энергии, деленной на квадрат скорости света. А вот их объем для такой массы великоват. Ведь даже для удвоенной массы разогнанных до 7 ТэВ протонов радиус сферы Шварцшильда составляет всего  $10^{-51}$  м. Это очень мало, много меньше рассчитываемой из соотношения неопределенности планковской длины ( $10^{-35}$  м), когда вообще имеет смысл говорить о размерах. Никакой партон в такую сферу запихнуть нельзя, так что, казалось бы, историю с черными дырами коллайдера на этом можно закончить. Именно так и обошлись с ней при изучении опасности Коллайдера тяжелых ионов в Брукхейвене (см., например, статью Р.Л. Яффе и его коллег из Массачусетского технологического института, Йеля и Принстона за 2000 год, ArXiv.org: hep-ph/9910333v3).

Однако за прошедшее время появились новые аргументы, которые связаны с гипотезой о том, что у нашего мира есть дополнительные измерения помимо трех пространственных и одного временного.

## Дыра в многомерном пространстве

Гипотеза многомерного мира появилась из-за нарушения гармонии. Ученые не удовлетворены экспериментально зафиксированным фактом: сила гравитации в  $10^{34}$  раз слабее электромагнитного, сильного и слабого взаимодействия. Если у мира есть дополнительные измерения, в которые не могут проникнуть ни материя, ни три взаимодействия, а вот гравитационное туда уходит, тогда гармония будет восстановлена. Проявляться эта сильная гравитация будет только на масштабах дополнительных измерений, а на больших масштабах

будет действовать известный нам четырехмерный закон тяготения Ньютона.

Чтобы убедиться в безопасности коллайдера в случае такого мира, нужно перейти от общих соображений к расчетам. И первый же вопрос: а сколько взять измерений и каков их масштаб? Это зависит от принятой модели. Их много, но рассматривают две. В одной, предложенной Нимой Аркани-Хамедом, Савасом Димополусом и Гией Двали из Стэнфордского университета в 1989 году (см. arXiv:hep-ph/9803315v1), имеется несколько компактифицированных, то есть скрученных в цилиндр, скрытых измерений. В этой модели, называемой ADD по инициалам авторов, для пятимерного пространства отклонения от ньютоновской гравитации начинаются на масштабах Солнечной системы (такой случай не учитывают, коль скоро считается, что там-то привычный нам закон Ньютона уж точно работает, управляя движением планет и звезд). В шестимерном мире масштаб оказывается между миллиметром и сотней микрон, для восьми измерений — десятки ангстрем, а для одиннадцати — порядка размера нуклона.

Альтернативную модель предложили Лиза Рэнделл из Принстонского университета и Раман Сандрем из Массачусетского технологического института в 1999 году (см. arXiv:hep-th/9906064v1). У них измерение не свернуто, а бесконечно, но при этом скомкано с некоторым характерным радиусом кривизны. Имеющие экспериментальные данные позволяют утверждать, что если наш мир таков, то этот радиус не может быть больше нескольких десятков микрон.

Вот если предположить, что скрытые измерения существуют (а Большой адронный коллайдер придуман в том числе для того, чтобы доказать эту гипотезу), тогда силы многомерной гравитации сожмут гораздо больший объем и для черной дыры массой в несколько ТэВ радиус сферы Шварцшильда может оказаться больше планковской длины. Минимальная масса, необходимая для создания дыры, будет меняться в зависимости от параметров мира (значения которых неизвестны). Зато можно оценить последствия. Так, если эта минимальная масса окажется равной 5 ТэВ, тогда Большой адронный коллайдер должен для случая десяти измерений изготавливать по одной дыре ежесекундно, а если 10 ТэВ — то по три штуки в день.

## Излучение дыры

Возможное появление черной дыры, известной своей склонностью уничтожать материю, потребовало дополнительного обоснования безопасности экспериментов. Для этого сначала привлекли идею испарения черных дыр, выдвинутую Стивеном Хокингом в 1976 году (после консультаций с академиком Я.Б. Зельдовичем и А.А. Старобинским). Механизм Хокинга базируется на представлении о том, что в физическом вакууме постоянно рождаются пары всевозможных частиц и античастиц и мгновенно исчезают, превращаясь в ничто. В соответствии с принципами квантовой механики, может так случиться, что частицы пары родятся по разные стороны горизонта событий. Тогда одна из них упадет в дыру, а вторая, особенно если это фотон (не подверженный притяжению дыры), улетит прочь, унося часть массы. Скорость испарения дыры, по Хокингу, обратно пропорциональна квадрату ее радиуса, и малая дыра должна испариться почти мгновенно, оставив после себя ливень всевозможных частиц. Дыра, обладающая электрическим зарядом, большого некоторого критического значения, или слишком быстро вращающаяся, или чрезмерно большая испаряться не будет.

Не все уверены в правоте Хокинга. Вот, например, один из непримиримых противников коллайдера, Отто Рёслер из отдела теоретической химии Тюбингенского университета, тот самый, который требовал и требует запретить деятельность коллайдера в судебном порядке, однако в 2008 году дело проиграл. Он высказал сомнения в справедливости гипотезы Хокинга, исходя из принципов теории относительности. В самом деле, если, по Эйнштейну, на горизонте событий дыры время останавливается, то зародившаяся там частица никогда не

сможет улететь прочь. На это ему справедливо возразил доктор Герман Николаэ, директор Института гравитационной физики Макса Планка: если частица не может улететь из-за оставившегося времени, то она не может и упасть и никакой дыры не будет, а вообще, этот спор был разрешен еще в 1913 году.

У Рёслера в рукаве оказался еще один козырь: если дыра будет расти, то возможен специфический механизм, который сохранит ее заряд и, стало быть, сделает ее неиспаряемой. Суть его такова. Предположим, что два партон образуют вращающуюся черную дыру, которая близко подошла к ядру. За счет своей гравитации она втянет в себя один из кварков и приобретет положительный заряд. За счет вращения этот заряд создаст магнитное поле. Увлеченный полем электрон выйдет на орбиту вокруг дыры и придаст ей эффективный отрицательный заряд. Тогда без всяких предположений о многомерных мирах притяжение дыры к ядру увеличится за счет силы Кулона на три десятка порядков, и она вырвет из него новый нуклон. Потом новый электрон, еще один нуклон, и так до тех пор, пока вещества не останется. К сожалению, предложенный механизм роста дыры не обсуждается. Видимо, предполагается, что из-за механизма Швингера (родившаяся из вакуума за пределами сферы Шварцшильда частица с тем же зарядом, что и у дыры, оттолкнется от нее и улетит прочь, а с противоположным — упадет в дыру и нейтрализует заряд) дыра быстро потеряет свой заряд, поэтому и обсуждать нечего. Однако для уверенности был проведен расчет роста неиспаряющейся дыры в веществе.

## Дыра в веществе

После образования дыры из партонов можно насчитать пять этапов ее роста. Они связаны с изменением размера так называемого эффективного радиуса взаимодействия. На первом этапе он определяется равенством силы многомерной гравитации и сильного взаимодействия, удерживающего кварки внутри нуклона, а нуклоны — внутри ядра: если черная дыра оказывается так близко к нуклону, что тот попадает в пределы радиуса взаимодействия, из него будет выдернут кварк или целый нуклон и поглощен дырой.

На втором этапе дыра уже поглощает целые атомы, а радиус взаимодействия  $\lambda$  определяется равенством силы многомерной гравитации и электрического взаимодействия ядра атома со своим окружением. На третьем этапе радиус взаимодействия превышает атомный размер: теперь дыра поглощает вещество целыми кусками (этот механизм Херман Бонди и сэр Фред Хойл из Кембриджа описали в «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 1944, т. 104, с. 273, отчего он и получил название Бонди-аккреция). Если дыра растет в земной коре, то вещество на этом этапе течет к дыре со скоростью звука — около 5000 метров в секунду. Как это получается в реальности, не очень понятно: все-таки размер дыры измеряется нанометрами и падающие в нее кубометры вещества в секунду чем-то напоминают верблюда, пытающегося пройти сквозь игольное ушко, однако формулы дают именно такую безрадостную картину. На четвертом этапе дыра выходит за размер скрытых измерений, после чего ее величина перестает увеличиваться до тех пор, пока масса не станет достаточной, чтобы выполнялось четырехмерное условие Шварцшильда. Затем следует относительно медленный рост под действием гравитации Ньютона. Для разного числа измерений эта последовательность может изменяться, но не принципиально.

«Конечно, Бонди-аккреция — страшная штука. Но ведь дыра изначально такая маленькая, едва за планковскую длину перешагнула. Пройдут миллионы, а то и миллиарды лет, пока она дорастет до размера атома. Бояться нечего», — говорили некоторые исследователи, рассмотрев этот результат. Однако они поторопились. Стивен Гиддингс с Микеланджело Мангано из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре в сентябре 2008 года на сотне страниц (см. arXiv:0806.3381v2 [hep-ph]) подробно расписали, как будут себя вести неиспаряющиеся черные дыры в многомерном пространстве. Их расчет пока-

зал, что только для 11-мерного пространства радиус взаимодействия дыры оказывается меньше размера нуклона, а для меньших размерностей он сразу же будет порядка ядра атома. Поэтому возможны только два механизма роста — субатомный и Бонди-аккреция. Впрочем, для 8—10-мерных пространств черная дыра достигает атомного размера за сотни миллиардов лет и, стало быть, опасности не представляет.

Для шести и семи измерений ситуация иная: Бонди-аккреция для них начинается соответственно спустя несколько часов и 10 тысяч лет после образования дыры. Это уже опасно. Для семи измерений масса по достижении предела Бонди составляет 10 кг, для шести — гораздо меньше. Затем начнется переход к этапу ньютоновской гравитации, который закончится поглощением планеты соответственно через сотни тысяч и десятки миллиардов лет. То есть если наш мир содержит пару дополнительных измерений, скрученных в цилиндры стомикронного диаметра, дыра будет опасной.

Иная картина получается при одном скомканном измерении. Если характерный размер кривизны этой скомканности оказывается на уровне 200 мкм, то всего за 5 миллисекунд будет достигнут предел Бонди, а спустя сто тысяч лет Земля исчезнет совсем. Уменьшение радиуса кривизны измерения в десять тысяч раз увеличивает этот срок до безопасных миллиардов лет.

Получив такой результат, теоретики перешли к обсуждению экспериментальных данных по космическим лучам. Ведь это те же самые потоки быстрых заряженных частиц, энергия которых может быть и много меньше, и много больше, чем в коллайдере. Поэтому все возможные последствия столкновений уже давным-давно случились. А значит, само существование Земли, Солнца и звезд доказывает: образование опасных черных дыр, а равно и других гипотетических объектов в столкновениях протонов и ядер химических элементов невозможно. Подробности этой аргументации отложим на конец статьи, а пока вернемся к черным дырам.

## Метастабильная дыра

Так что же, расчет в сопровождении экспериментальных данных позволяет закрыть тему черных дыр в коллайдере? Не позволяйте. Изодренный ум исследователя способен предложить еще немало хитростей. Вот одна из них. Если в расчетах испаряющейся дыры использовать, как это принято в термодинамике, канонический ансамбль Гиббса, то есть систему, которая обменивается энергией с окружающей средой и пребывает с ней в тепловом равновесии, то дыра должна испаряться быстро. А что, если применить другой проверенный метод — микроканонический ансамбль, когда система со средой теплом не обменивается? Тогда закон испарения черной дыры изменится. Этот вариант рассмотрели Роберто Касадио и Бенджамин Хармс соответственно из университетов Болоньи и Алабамы в статье от 2002 года (arXiv:hep-th/0110255v2). У них получилось, что, до тех пор пока дыра не достигнет размера скрытого измерения, она испаряется слабо, а потом начинает работать в полную мощность. Ну, испаряется — и хорошо, какая от этого может быть опасность, если дыра гарантированно исчезнет?

Опасность обнаружил отставной немецкий астрофизик Райнер Плага. Он взял экстремальное значение параметра теории многомерного мира — одно дополнительное скомканное измерение с радиусом кривизны 44 мкм, что, по мнению Касадио и Хармса, представляет собой наибольший экспериментально разрешенный радиус, и провел расчет. Получилось, что изначально дыра будет иметь размер порядка диаметра ядра атома и очень скоро, за доли миллисекунды, дорастет до предела Бонди. Затем пойдет, в соответствии с формулами Гиддингса и Мангано, рост со скоростью в десятки тонн за секунду, и за 2,2 миллисекунды дыра дорастет до килограмма. При этом ее размер превысит радиус кривизны и дыра начнет испаряться, испуская излучение Хокинга. Предполагается, что набор составляющих его частиц зависит от размера дыры, но никто пока что экспериментально эту догадку проверить не





смог. Поскольку дырой все еще управляют законы многомерной гравитации, скорость ее испарения огромна — полкило материи в секунду. Поток излучения Хокинга сталкивается с набегающим на дыру потоком вещества, и может так получиться, что давление обоих потоков сравняется. Это так называемый предел Эддингтона, и, по расчетам Плаги, он наступает для принятых параметров мира при весе дыры примерно в один килограмм. В результате дыра переходит в метастабильное состояние и может пребывать в нем миллионы миллиардов лет. Если опять вспомнить формулу Эйнштейна  $E = mc^2$ , то полкилограмма в секунду превратятся в десятки миллионов миллиардов ватт энергии, что сопоставимо с общим потоком солнечного тепла, падающего на Землю, и в тысячу раз больше потока тепла, идущего из глубины Земли. Конечно, так получится при условии, что вся масса, испаренная дырой, превратится в безмассовые кванты энергии, а не в частицы вещества. В противном случае выделение чистой энергии будет меньше. Меньше оно (равно как и время жизни дыры) станет и при меньшем радиусе гипотетического пятого измерения. В космосе такую дыру, если она возникла из столкновения космических лучей, заметить на фоне звезд очень трудно, а на Земле она может наделать немало бед, первой из которых станет взрыв самого коллайдера вместе с Женевой.

К сожалению, ответ Гиддингса и Мангано (см. arXiv:0808.4087v1) Плаге в августе 2008 года получился не очень убедительным, поскольку они взяли формулу Хокинга для испарения четырехмерной дыры и получили для Плаги выделение энергии порядка одного милливатта. Плага же настаивает, что рассчитанная им дыра излучает по пятимерному закону Касадио и Хармса, который дает скорость испарения на много порядков большую, и советует работникам ЦЕРНа очень осторожно увеличивать мощность ускорителя, внимательно анализируя все странные события, которые в нем происходят.

## Пузыри вакуума и прочие возбуждения

Помимо черных дыр возможны и другие неприятности. Одна из них — вакуумные пузыри. Проблема с ними состоит в том, что гипотетический физический вакуум обладает, согласно расчетам, огромной энергией. Отсюда следует вывод: он находится в метастабильном состоянии. И значит, есть какое-то стабильное состояние с меньшей энергией. Некоторые ученые предполагают, что столкновение тяжелых частиц с высокой энергией способно так возбудить вакуум, что он перелетит барьер, отделяющий метастабильное состояние от стабильного. Получившийся зародыш низкоэнергетического стабильного вакуума затем станет расти и вскоре переформирует весь наш мир подобно тому, как покрывается льдом озеро перерожденной воды, в которое бросили палку.

От возбуждения вакуума могут происходить и другие неприятности. Тем более что никто не знает толком, какие виртуальные частицы способен родить вакуум. Хорошо, если все они известны. А если нет? Тогда открывается простор для новых гипотез. Например, бывший школьный учитель физики из Феодосии И.Ю.Горелик предположил, что при сильном возбуждении вакуума столкновением частиц с энергией в 0,25 ТэВ способна родиться магнитная дыра: объект, обладающий огромным магнитным полем, которое будет гораздо легче, чем черная дыра захватывать вещество и неограниченно расти. Поскольку магнитная дыра Горелика похожа на диск, она будет выглядеть как нечто неравноосное. И действительно, многие кандидаты в черные дыры обладают аккреционным диском на экваторе и двумя джетами — быстрыми потоками вещества и излучения, идущими от полюсов. По мнению Горелика, именно так и должна выглядеть магнитная дыра — гравитация вдоль ее главной плоскости притягивает вещество, а магнитное поле поперек нее отталкивает продукты распада ядерного вещества. Согласно традиционной точке зрения, джеты черных дыр — одно из последствий наличия у нее мощного магнитного поля. Основываясь на своей гипотезе, И.Ю.Горелик призывает запретить работу ускорителей

на энергиях выше 0,25 ТэВ и в качестве союзника пытается привлечь к борьбе Прокуратуру РФ.

К магнитной дыре близко примыкает магнитный монополю, придуманный из соображений симметрии: раз есть электрический заряд, должен быть и магнитный, обладающий лишь одним магнитным полюсом. В некоторых моделях мира монополю, близко подойдя к ядру, способен вызывать превращение его протонов в электроны и, стало быть, распад вещества. Это отнюдь не маргинальная идея, такой эффект теоретически предсказал в 1981 году академик В.А.Рубаков. Найти монополю пока не удалось, но есть предположение, что коллайдер вполне способен его создать. Если эта частица окажется стабильной и будет обладать скоростью меньше первой космической, то, упав в центр Земли под действием гравитационного поля, она станет разрушать вещество до тех пор, пока все не разрушит. Так теоретические построения двадцатипятилетней давности привели ко вполне конкретным опасениям общественности.

## Капли странной материи

Еще одна гипотетическая опасность — капли странной материи. История с ней начинается в шестидесятых годах прошлого века, когда физики стали получать на ускорителях какие-то странные частицы, не вписывающиеся в существовавшую тогда модель материи, предполагавшую наличие двух кварков — верхнего и нижнего. Чтобы объяснить появление странных частиц, физики ввели в теорию новый кварк, назвав его «странным». Есть подозрение, что при определенных условиях образованная ими материя может стать более стабильной, нежели ядерная. И тогда последняя, соприкоснувшись с куском странной материи, тоже станет странной.

Странная материя может образоваться в одном из экспериментов Большого адронного коллайдера — при попытках получить кварк-глюонную плазму в столкновении ядер свинца. При этом возникает много кварков, как верхних и нижних, так и странных, а при остывании плазмы они могут объединяться в необычных сочетаниях.

Аргументы против этого типа катастрофы подробно обсуждали Р.Л.Яффе с коллегами в статье, о которой говорилось в начале. Кратко, они звучат так. Никто и никогда не видел свободно летающие капли странной материи в космосе. Более того, есть доводы в пользу того, что она может стать устойчивой только при огромных давлениях, вроде тех, что существуют в центре нейтронной звезды. Высокие же энергии столкновения в Большом адронном коллайдере делают ее появление еще более невероятным — как если бы в раскаленной печи появился кусок льда.

Бомбардировка поверхности Луны тяжелыми ядрами в составе космических лучей в течение многих миллиардов лет подтверждает: создать стабильную странную материю в опытах на коллайдере невозможно.

## Эксперимент на миллиарды лет

Глядя на выстроенное из смелых гипотез шаткое здание грядущих катастроф, впору ужаснуться и задать вопрос: так что же, непродуманный эксперимент все-таки опасен? Вдруг у нас как раз и есть пятимерный скомканный мир, в котором черная дыра растет столь быстро? Вдруг вакуум возбудится? На этот вопрос есть ответ: опасности нет никакой, и это следует из экспериментов, поставленных самой природой.

Многие миллиарды лет по Вселенной со скоростью, близкой к скорости света, летят космические лучи — потоки протонов, электронов, ядер легких и тяжелых элементов. Они обладают

весьма широким спектром энергий: есть в них и частицы с энергией в ГэВ, есть и в ТэВ, есть и в сотни миллионов ТэВ. Подсчет лучей показывает, что на Земле за 4 миллиарда лет случилось  $10^{22}$  столкновений, подобных тем, что будут произведены в коллайдере на максимальных энергиях. На Солнце этих событий было еще больше. И ничего, Земля крутится, Солнце светит, небо усыпано звездами, а не черными дырами. Значит, черные дыры в коллайдере либо не возникнут, либо испарятся, не наделав беды, вакуум останется метастабильным, странная материя, наоборот, стабильной не станет, а монополи и прочие в большей или меньшей степени фантастические объекты не родятся.

Довод сильный (еще бы, эксперимент — не гипотетические рассуждения в духе «если бы да кабы»), но и на него есть свои контраргументы. Дело в том, что быстрая космическая частица налетает на фактически неподвижную частицу в атмосфере Земли, и такое столкновение не может погасить огромную скорость. Поэтому, если черная дыра возникнет, она за сотые доли секунды, не успев набрать и килограмма массы, вылетит из Земли и полетит дальше в космос, где, скорее всего, испарится по механизму Хокинга. А вот в коллайдере сталкиваются встречные пучки, разогнанные до одинаковых скоростей. Вся их кинетическая энергия может перейти в энергию удара (собственно, для этого их и сталкивают), скорость родившейся черной дыры окажется меньше первой космической. Тогда она упадет в центр Земли (где сила тяжести равна нулю), станет там болтаться под действием Солнца, Луны, других планет и поглощать материю.

Для ответа на такое предположение Гиддингс с Мангано посчитали скорость торможения гипотетической дыры в веществе и нашли, что если она появится от столкновения космических лучей, то обязательно затормозится в белых карликах, в крайнем случае — в сверхплотном веществе нейтронных звезд. Тогда во Вселенной не должно быть таких объектов с возрастом более сотни миллионов лет. А их возраст, по данным астрономов, измеряется миллиардами лет. Значит, вывод о безопасности экспериментов справедлив.

Есть управа и на дыру Плаги. Если б такая дыра могла образоваться, она возникла бы и от космических лучей. При околосветовой скорости за отведенные ей до катастрофы три миллисекунды дыра погрузится всего на тысячу километров в глубину Земли — не заметить ее чудовищное излучение было бы нельзя. Значит, параметры нашего мира не столь экстремальны, как принятые для расчета. А при других параметрах дыра окажется не такой опасной, а может быть, и вовсе незаметной.

Дальнейшая дискуссия уходит в рассуждения о том, что звезды очень даже взрываются, причем довольно часто, о чем можно судить по гамма-всплескам, а взрывающиеся планеты мы не видим, зато у нас под боком, за орбитой Марса, есть останки Фазтона. При всей неопровержимости этих утверждений приписать подобные эффекты именно последствиям столкновений высокоэнергетических космических лучей не очень просто — требуется громоздить очередное шаткое здание из гипотез.

## Гипотетическая наука

Начало работы новой экспериментальной установки в области физики высоких энергий уже традиционно вызывает всплеск панических настроений: рванет или не рванет. Появилась эта традиция, видимо, в начале XX века, когда физики обсуждали, вызовет или не вызовет цепную реакцию вещества Земли взрыв атомной бомбы. По мере развития физики список потенциально опасных объектов расширился, и чем глубже внутрь материи продвигается теория, тем больше их становится. Отсюда можно сделать предположение, что в формировании новых физических мифов повинна не психика людей, а именно сама теория.

В самом деле, после того, как в целом к восьмидесятым годам XX века была построена Стандартная модель, которая определила кварковое строение барионов, расклассифицирова-

ла элементарные частицы и определила их число, появилось несколько новых направлений теоретической мысли, описывающих физику за пределами Стандартной модели. В них одна гипотеза громоздится на другую и гипотезой же подкрепляется, тогда как всем известно, что подкреплять теоретические рассуждения надо экспериментом. Увы, имеющиеся эксперименты во многих случаях выдвинутые гипотезы не подтверждают, отчего приходится идти на хитрости, возможность которых связана с так называемыми внутренними параметрами теории. Они есть во многих теориях — хоть суперструн, хоть квантовой гравитации, хоть многомерных пространств, хоть параллельных миров, а равно и во многих других, носящих гипотетический характер. Для того чтобы такие теории описывали не какой-то абстрактный мир, а именно наш, нужно придать этим параметрам численные значения, соответствующие действительности, данной нам в ощущениях, то есть экспериментальным результатам.

Однако, как оказалось, данные экспериментов можно трактовать двояко, и зачастую если эксперименты не дают тех эффектов, которые позволяют вычислить параметры теории, из этого вовсе не следует, что теория неверна. Возможен и другой вывод — значения параметров ниже точности проведенных экспериментов. Из этого правила есть редкие исключения. Например, эфирную теорию отвергли, проведя измерения эфирного ветра с точностью хорошо, если  $10^{-5}$ , а вот теорию гравитационных волн признали верной, хотя с точностью  $10^{-14}$  они не обнаружены. Что делают в том случае, если теория, признанная верной, не дает экспериментальных эффектов? Изменяют условия эксперимента. Например, в случае гравитационных волн увеличивают чувствительность антенн. В случае скрытых измерений — увеличивают мощность ускорителей и точность измерения гравитации в надежде выйти на след.

Естественно, что отсутствие численных значений параметров достаточно сложных моделей дает простор для разного рода фантазий. При этом чем больше уровней в пирамиде гипотез, тем больше возможностей для фантазий. Почему многие сомневаются в механизме Хокинга? Потому, что он описывает поведение гипотетического объекта, дающего излучение с гипотетическим составом частиц и спектром, который никем не измерен. При тщательном рассмотрении выясняется, что у Хокинга не все ясно с энтропией. Чтобы разрешить противоречие между механизмом поведения гипотетического объекта и насквозь экспериментальной термодинамикой, американский физик Хуан Малдасена привлекает гипотетическую модель суперструн и строит гипотетическую поправку к механизму Хокинга. И это не последние уровни гипотетичности в проблеме черных дыр. Очевидно, что правильным подбором параметров на каждом уровне гипотетичности можно получить все что угодно. Аналогичная история и с возбуждениями вакуума. Если из-за неполноты знаний об этом объекте дозволено получить (на бумаге) все что угодно, то кто-нибудь обязательно этим воспользуется и получит самое неприятное из этого «чего угодно», причем никто заранее не сможет сказать, сколь реален предполагаемый ход событий. Видимо, только строгое требование опоры на эксперимент да возвращение лезвия Оккама в теоретическую физику способны ограничить возможности для мифотворчества.

После многочисленных аварий опыты на коллайдере возобновились. Энергия столкновений частиц уже превысила порог в тераэлектронвольты, то есть физики вошли в неведомую им область высоких энергий. В конце года мощность столкновений должна выйти на проектные 14 ТэВ. После этого, скорее всего, будут сделаны новые ограничения на внутренние параметры физических теорий, хотя было бы лучше, если некоторые фантазии вообще потеряют право на существование. Однако дискуссия о безопасности, которая заставляет по-новому взглянуть на последствия теоретических построений, несомненно, поможет лучше понять устройство нашего мира.





**В.И. Курашов**

История и философия химии  
М.: КДУ, 2009

**К**нига заполняет разрыв, который всегда существовал между бедными конкретным содержанием, а часто попросту схоластическими работами философов науки и богатой содержанием естественнонаучной литературой. При написании книги автор опирался на результаты собственных исследований в областях химии высокомолекулярных соединений, физической химии, биофизики, биохимии и биотехнологии.

Издание предназначено как для химиков-профессионалов, стремящихся к обогащению своих методологических знаний, так и для аспирантов и соискателей в качестве учебного пособия по дисциплине «История и философия химии». В книге немало полезного материала для студентов философских специальностей, изучающих дисциплины «Онтология и теория познания», «Философия и методология науки» и «Философия химии», а также для студентов-магистров естественнонаучных и технологических специализаций. Книга поможет освоить дисциплину «Концепции современного естествознания».



**А.А. Пупышев**

Атомно-абсорбционный  
спектральный анализ  
М.: Техносфера, 2009

**Р**ассмотрены теоретические основы атомно-абсорбционного спектрального анализа, основные схемы измерений с использованием селективных источников света и ламп с непрерывным спектром. Автор объясняет принципы действия и характеристики главных блоков атомно-абсорбционных приборов, основы различных методов анализа, включая пламенную и электротермическую атомизацию элементов, рассказывает о технике «холодного пара» и гидридов, об атомизации в тлеющем разряде, проточно-инжекционном анализе. Основное внимание при этом уделяется термохимическим процессам, протекающим в атомизаторах, оптимальным условиям измерений, помехам проведения анализа и способам их устранения. Приведены систематизированные данные по градуировке, подготовке проб и растворов сравнения, уходу за прибором. Рассказывается также, как можно теоретически моделировать термохимические процессы в пламенных и электротермических атомизаторах. Автор дает примеры, показывает возможности теоретического метода исследования и подробно излагает алгоритм моделирования для решения практических аналитических задач в области атомно-абсорбционного спектрального анализа.

Для инженерно-технических и научных работников, студентов, аспирантов, преподавателей вузов.



**В.Е. Борисенко,**

**А.И. Воробьева, Е.А. Уткина**  
Нанoeлектроника  
М.: Бинoм, 2009

**В** книге рассказано о фундаментальных физических эффектах в наноструктурах, связанных с маленьким размером составляющих их частиц. Дана классификация низкоразмерных структур. Описаны методы, позволяющие формировать такие структуры в полупроводниках, а также современные способы их исследования. Обсуждается, как происходит транспорт носителей заряда в наноразмерных структурах.



**Я. Кольман, К.Г. Рем.**

Наглядная биохимия  
М.: Бинoм, 2009

**Э**то справочное издание описывает все биохимические процессы в наглядной форме — в виде цветных схем. Рассмотрены основные соединения, их строение и свойства, а также механизмы и биохимия важнейших процессов, протекающих в живой природе. Для студентов и преподавателей химических, биологических и медицинских вузов, биохимиков, биологов, медиков, а также для широкого круга читателей.



**И.А. Леенсон**

Удивительная химия  
М.: Энас, 2009

**В** увлекательной форме изложены оставшиеся за рамками школьных учебников сведения о химической науке, величайших открытиях ученых-химиков, загадочных фактах и уникальных химических экспериментах.

Для школьников, студентов и учителей, а также для всех, кто желает открыть для себя незнакомую, полную тайн и парадоксов химию



**Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.**

**Адрес: Москва, Новый Арбат, 8, тел. (495) 789-35-91**

**Интернет-магазин: [www.mdk-arbat.ru](http://www.mdk-arbat.ru)**



КНИГИ

# Вакцины против рака

Доктор  
биологических наук  
**С.Л.Киселев,**  
Институт общей  
генетики РАН

Говорить о вакцине от рака в том же смысле, в каком мы понимаем вакцинацию от инфекционных заболеваний, не вполне корректно. От гриппа или оспы вакцинируются, чтобы не заболеть, еще до встречи с инфекционным агентом. Однако невозможно вакцинироваться от опухолей, которая еще не возникла. Особый случай — вакцина от папилломавируса, который может служить причиной рака шейки матки. Но это, по сути, классическая вакцинация против инфекции, поскольку доказано, что этот вид рака вызывается именно вирусом. (См. об этом «Химию и жизнь», 2008, № 12. — *Примеч. ред.*) А как быть с другими видами рака? Можно ли вызвать в организме иммунную реакцию на опухоль и тем самым способствовать выздоровлению?

В чем состоит основная сложность этого подхода, еще в 1929 году образно объяснил американский онколог Вольфганг Воглом: «Вызвать иммунный ответ против рака будет так же трудно, как попытаться отторгнуть правое ухо, оставив левое нетронутым». Злокачественная клетка возникла из клетки нормальной, она была и остается родной для организма — а значит, и для иммунной системы.

Тем не менее есть аргументы в пользу того, что иммунная система способна бороться с опухолями. С тех пор как медицина стала хорошо документированной, то есть со второй половины XX века, мы точно узнали, что некоторые опухоли могут спонтанно регрессировать. Это случается редко — для каждого типа опухоли своя частота, но в любом случае это проценты, — однако случается. Объяснить подобные факты может теория иммунного надзора. Клетки человеческого организма постоянно делятся, ежедневно и еже часно возникает множество новых клеток. Часть их остается

невостребованными и погибает по причине ненужности — например, 99% клеток той же иммунной системы, часть отмирает, замещаясь новыми: так, за свою жизнь человек меняет десятки килограммов кожи. Понятно, что в этих клетках случайным образом могут происходить мутации. У прокариот вероятность мутации равна  $10^{-8}$ , у эукариот частота мутаций, по оценкам, на два-три порядка меньше. Поскольку в нашем организме ежедневно появляются десятки миллионов новых клеток, это значит, что каждый день могут появляться клетки, в которых произошли мутации. Некоторые из них остаются незаметными, другие так или иначе проявляются. Но даже значимая мутация может привести к гибели клетки, не причиняя вреда организму в целом. Однако есть и такие мутации, которые блокируют важные функции, например запрограммированную гибель клетки — апоптоз. Если эта функция нарушена, то клетка становится бессмертной. Может произойти мутация в системе, которая регулирует клеточный цикл, — клетки начнут делиться с сумасшедшей скоростью. Если бы подобные мутации оставались и накапливались в организме, никому из нас не удавалось бы дожить до старости. Поэтому иммунная система смотрит за тем, чтобы клетка, возникшая в результате деления, оставалась своей, родной, чтобы у нее не проявились черты злокачественной трансформации.

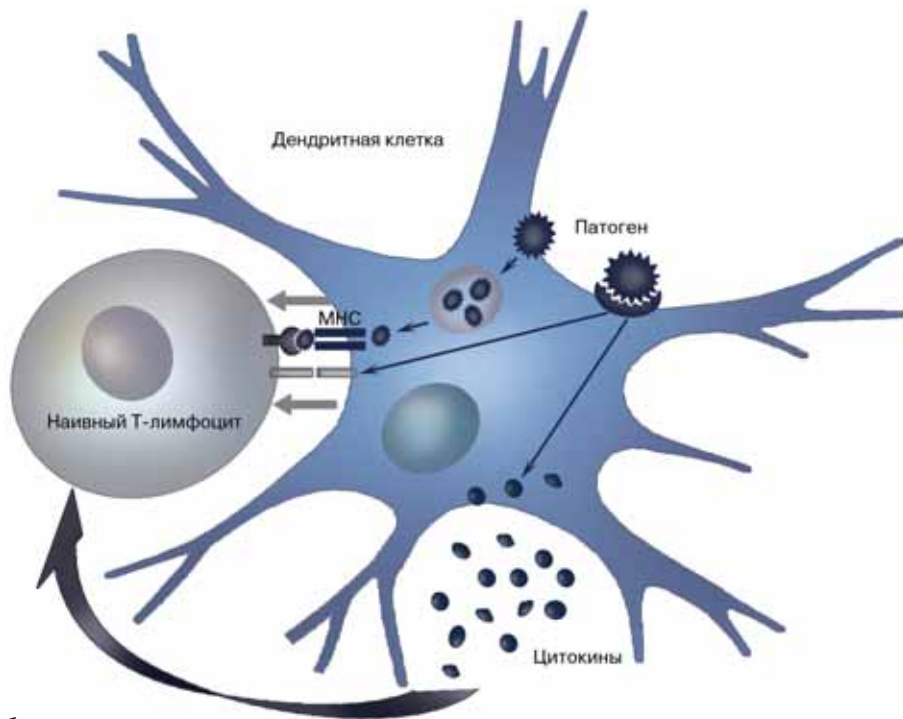
Говоря упрощенно, иммунная система проверяет клетку по двум параметрам: во-первых, убеждается, что она не чужая, во-вторых, что она своя. (Есть и другие уровни проверки, но это — два основных.) Клетка будет уничтожена только в том случае, если она содержит «чужие» молекулы и при этом не имеет определенных меток, характерных для своих клеток. При несоблюдении хотя бы одного из этих условий — присутствие чужого и отсутствие своего — клетка не будет уничтожена. Такой двойной контроль необходим, чтобы избежать аутоиммунных реакций. Но если опухолевая

клетка сохраняет «свой» сигнал, это может вывести ее из-под удара.

В этом и заключается теория иммунного надзора: иммунная система постоянно смотрит за клетками, которые претерпели мутации, и удаляет опасные, если сумеет их заметить. Отсюда понятно, почему некоторые опухоли могут регрессировать спонтанно: им не удается ввести в заблуждение иммунную систему. Понятно и то, почему не у всех и во все периоды жизни обнаруживается злокачественная трансформация. Хорошо известно, что вероятность развития рака повышается с возрастом, и с возрастом же ослабевает активность иммунной системы. Может быть, ее активность можно повысить, чтобы и в старости она работала так же эффективно, как в молодости?

Если рассмотреть работу иммунной системы на клеточном уровне, выясняется интересный факт: даже когда у человека есть опухоль, у него можно обнаружить клетки иммунной системы, которые в принципе должны ее распознавать и уничтожать — однако почему-то этого не делают. Иммунная система была задействована, но процесс не пошел до конца. Что нужно делать, чтобы завершить его? На какие точки воздействовать, чтобы направить иммунную систему на борьбу с опухолью?

При таком подходе естественно возникает идея вакцины. Понятно, что начинать надо с диагностики рака, как можно более ранней. Польза диагностики очевидна и сама по себе — так, США за 10—15 лет в три-четыре раза снизили смертность от рака молочной железы благодаря поголовному профилактическому обследованию женщин после определенного возраста. Но в случае с вакциной действует еще один фактор: чем меньше опухолевая масса, тем проще бороться с болезнью. Если у пациента обширная метастазирующая опухоль, бессмысленно ждать, что иммунная система сумеет уничтожить ее цели-



**I**  
Для развития иммунного ответа недостаточно, чтобы рецептор Т-лимфоцита подошел к антигену, который «преподносит» ему дендритная клетка (МНС II — белок главного комплекса гистосовместимости, ответственный за представление антигена). А вот если дендритная клетка «ощетинивается» костимуляторным белком, для которого у Т-лимфоцита тоже есть рецептор, и вдобавок вырабатывает цитокины — такой тройной сигнал успешно справляется с задачей

ком. Все-таки она возникла не для того, чтобы истреблять сотни граммов живой массы, а чтобы противостоять незначительному числу бактериальных клеток или вирусов. Поэтому вакцинирование уместно или на очень ранней стадии, или когда основная масса опухоли удалена хирургическими, химическими или иными методами. А вот против самого страшного — возникновения вторичных проявлений, метастазов — иммунная система, по-видимому, способна бороться, и в этом случае можно говорить о профилактической вакцине.

Что может представлять собой такая вакцина? Опухоли достаточно разнообразны, но у них есть и много общих, сходных черт, как внутренних (связанных с неограниченным клеточным делением, отсутствием апоптоза), так и внешних. Существуют специфические опухолевые антигены (напомним, что антигенами называются молекулы, распознаваемые иммунной системой), и многие из них — общие для разных опухолей. Примерно 50% опухолей имеет более-менее одинаковый антигенный портрет: по одним, более распространенным антигенам — 90%, по другим 20, но в среднем — 50%.

Отсюда следует, что можно попытаться создать универсальную противоопухолевую вакцину. С другой стороны, индивидуальный подход дол-

жен быть более эффективным. Каждый пациент уникален, для каждого организма характерны свои особенности метаболизма и генетики — трансформированные клетки также различаются между собой, наследуя эти специфические черты.

Понятно, что себестоимость индивидуальных вакцин, заново создаваемых для каждого пациента, будет очень высокой, и в реальности придется искать какой-то компромисс. Но сейчас большинство разрабатываемых противоопухолевых вакцин (если не считать уже упомянутой вакцины против папилломавируса) пациент-специфичны.

Итак, нам нужно активизировать иммунную систему, чтобы опухолевые клетки не только распознавались как чужие, но и не были признаны своими — только тогда они будут убиты. Отсюда несколько уровней, на которых работают над вакциной. Уровень первый: не исключено, что иммунная система по какой-то причине не считает опухолевый антиген «чужим». Как добиться, чтобы он распознавался?

К настоящему времени известно более полутора сотен специфических опухолевых антигенов. Если мы знаем, что опухоль пациента имеет некий антиген, то можем его синтезировать (обычно речь идет о фрагменте белка размером в десяток аминокислот) и сделать пациенту укол — попытаться

создать иммунный ответ на этот антиген. Подобные вакцины начали применяться во второй половине — конце XX века, но результат был неудовлетворительным, несмотря на то что на мышках это работало прекрасно. Вообще, хотя опыты на животных — необходимый этап, следует помнить, что из нескольких сотен противоопухолевых лекарств, успешно опробованных на мышах, лишь единицы дают терапевтический эффект у людей.

Тем не менее прогресс был: у пациентов после иммунизации стали обнаруживаться клетки иммунной системы — цитотоксические Т-лимфоциты, которые должны были бы убивать опухолевые клетки, но почему-то не убивали. Скорее всего, как раз потому, что опухолевые клетки продолжали быть для иммунной системы «своими», их уничтожение запрещалось. Как обойти этот запрет?

**В**нимание исследователей привлекли дендритные клетки — особые клетки иммунной системы, названные так из-за «щупалец»-дендритов, которые немного напоминают ложноножки амебы. По своей биологической функции это антиген-презентирующие клетки. Дендритная клетка ползает по организму, главным образом там, где проходит граница с внешней средой: в подкожном слое, эпителии кишечника. Если чужеродный агент нарушает эту границу и проникает в организм, дендритные клетки начинают активно его пожирать. Но они не просто питаются: они делят чужеродные белки на фрагменты-пептиды и потом представляют их на своей поверхности в комплексе с молекулой главного комплекса гистосовместимости.

Что происходит дальше, когда дендритная клетка «украшена» антигенами? К ней подходит так называемый наивный Т-лимфоцит, никогда прежде не имевший контакта с антигеном. И теперь он впервые натывается на антигены, торчащие на поверхности дендритной клетки. Возможно, при

этом его рецептор случайно совпадает с антигеном. Но этого мало, если вспомнить про многоуровневую систему защиты. Антиген может оказаться и «своим», родным для организма — дендритная клетка в питании неразборчива. Однако если антиген чужой, внешний по отношению к организму — например, полисахарид из стенки бактериальной клетки, или вирусная РНК, или белок, но нехарактерный для высших организмов, такой, как флагеллин, содержащийся в жгутиках простейших, — дендритная клетка не остается к этому равнодушной. Она в буквальном смысле ощетиливается — ее поверхность покрывается костимуляторными молекулами, которые дополнительно взаимодействуют с рецепторами Т-лимфоцита. Кроме того, она начинает секретировать цитокины — гормоны иммунной системы (рис. 1).

Итак, когда рецептор Т-лимфоцита подошел к антигену, как ключ к замку, но дендритная клетка не ошетилилась и не выбросила цитокины, они спокойно расходятся, Т-лимфоцит не возбуждается к активности и мирно заканчивает свою жизнь: иммунный ответ не развивается. А вот если и рецептор совпал, и дендритная клетка подтвердила вражескую сущность данного антигена своим агрессивным поведением, Т-лимфоцит «понимает», что его предназначение — бороться против всего, что помечено этим антигеном. Теперь он становится Т-хелпером — лимфоцитом-«помощником» и обучает другие клетки иммунной системы противостоять данному антигену.

Однако даже если дендритная клетка съест клетку опухоли, белки той, слишком близкие к собственным белкам организма, вряд ли приведут дендритную клетку в возмущение. Отсюда возникла идея: проинструктировать дендритные клетки искусственно, заставить их узнать врага. Так появились новые клеточные вакцины.

Чтобы приготовить такую вакцину, у пациента берут клеточный материал, из которого получают индивидуальные дендритные клетки. Их инкубируют вместе с лизатом опухолевых клеток того же пациента либо с антигенами, смытыми с их поверхности, чтобы дендритные клетки их съели. После этого их активируют (как это делать в лабораторных условиях, уже известно). А затем дендритные клетки, обученные и активированные, вводят пациенту обратно, в расчете на то, что они, как и положено в природе, случайно встретят Т-лимфоцит и запустят иммунный ответ.

Если самые хорошие пептидные вакцины давали положительный результат примерно в 4% случаев, то вакцины на основе дендритных клеток — более чем в 7%. Чтобы лучше понять, много это или мало, напомним, как проводятся клинические испытания. В первой фазе оценивают только безопасность предложенного средства и осуществимость лечения, во второй проверяют возможный терапевтический эффект на небольшом контингенте и лишь в третьей и четвертой — на большом количестве пациентов, с двойным слепым контролем и прочими мерами, которые должны доказать, что терапия работает всегда и у всех. Что касается противоопухолевых вакцин, основной массив данных по ним получен из первой и второй фазы испытаний. Они длятся достаточно долго, например вторая фаза — пять-шесть лет. Ведь прежде чем говорить об эффективности, нужно показать отсутствие рецидивов, увеличение продолжительности жизни. При этом, по существующим правилам, в первых двух фазах участвуют пациенты, для которых другие методы лечения уже исчерпаны, — то есть это не самые простые случаи. Можно ожидать, что на ранних стадиях либо после радикальных хирургических операций результаты будут значительно лучше.

**Н**о существует и другой путь: изменить опухолевые клетки, чтобы они перестали быть «своими» для иммунной системы, усилить их чужеродность, убрать метки «своих». Возможно, такие клетки вызовут агрессивную реакцию иммунной системы, и она начнет истреблять опухоль.

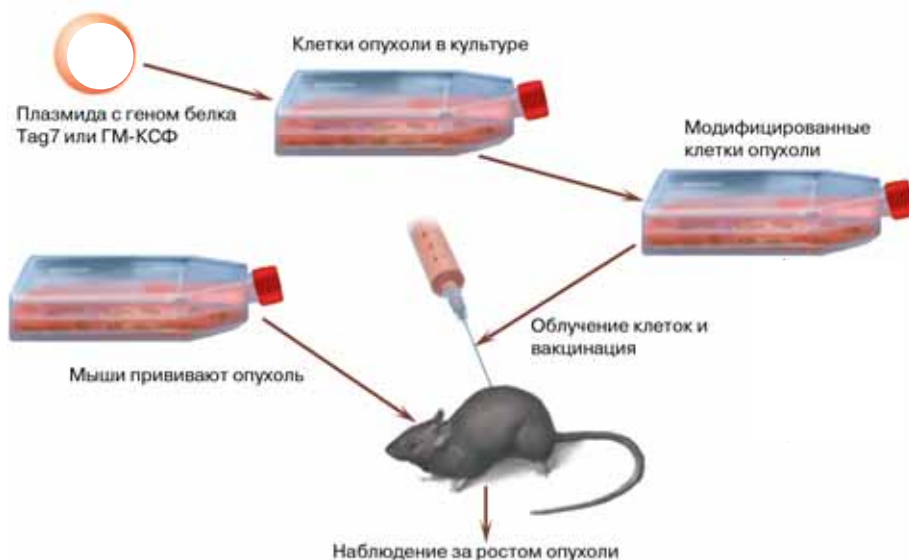
Вакцину из клеток опухоли мы разрабатывали, используя методы генной модификации, — получилась, по сути, генно-клеточная вакцина. В 1998 году мы впервые обнаружили у млекопитающих ген, который назвали tag7. Похожий ген имеется у дрожжей, точнее, целое семейство генов под названием *PGRP*. По своей функции они немного напоминают белки главного комплекса гистосовместимости, а также рецепторы Т-лимфоцитов. Мы выяснили, что делает белок Tag7 у млекопитающих — у мыши, человека. Оказалось, что это хемоаттрактант: его «запах» приманивает дендритные клетки и другие клетки иммунной системы, например моноциты, к тому месту, где их присутствие необходимо. Более того, если мы лили этот белок на дендритные клетки, то они «ощетинивались», у них

возникла экспрессия костимуляторной молекулы. Поэтому возникла идея: взять опухолевые клетки, ввести в них ген этого белка и заставить его секретироваться наружу. Такая опухолевая клетка как бы сама кричит иммунной системе: «Бейте меня!» Если рядом с ней окажется дендритная клетка, она не просто съест ее, но при этом обязательно активируется.

Идею мы проверили в экспериментах на животных (рис. 2). Ген в виде плазмиды вводили в опухолевые мышечные клетки. Для контроля брали ген белка ГМ-КСФ (гранулоцит-макрофаг-колониестимулирующий фактор), который часто используют в аналогичной схеме вакцинации. Он также отвечает за «включение» иммунного ответа, но на более позднем этапе. А наш белок, кроме всего прочего, участвует в распознавании бактериального паттерна (характерного набора молекул). Его появление в опухолевой клетке сделает ее в некотором смысле похожей на бактерию. Конечно, в ней не появятся бактериальные белки или полисахариды, но она сама будет подавать сигнал, что они есть, и поэтому иммунная система воспримет ее как инфекцию, подлежащую уничтожению. Модифицированные опухолевые клетки подвергли облучению, прежде чем вводить в организм мыши. Дозу подбирали так, чтобы они оставались живыми до первого деления и затем погибали, поэтому не было опасности возникновения новых опухолей.

Ту же самую культуру опухолевых клеток, только немодифицированную, использовали, чтобы привить мыши экспериментальную опухоль. Эксперимент проводили в двух вариантах: профилактическое вакцинирование (сначала вводили вакцину, а потом опухолевые клетки) и терапевтическое (сначала вводили опухолевые клетки, и у мыши формировалась опухоль, потом вводили вакцину). В первом варианте практически все мышки выздоравливали. В контроле, с ГМ-КСФ, эффект был достоверно меньше, хотя и ненамного. В терапевтической схеме выживаемость животных достигала 60%, у контроля — 40%. А мышки, которых не лечили или лечили другими средствами, не жили вообще. (Кстати, попытка вакцинирования немодифицированными опухолевыми клетками даже ускорила гибель животных. Видимо, такая «вакцина» подавила иммунный ответ вместо того, чтобы усилить его.)

Механизм этого воздействия мы теперь представляем следующим образом. Наш белок, Tag7, задействовал



*Вакцину из модифицированных опухолевых клеток испытывали на мышах. В клетки внедряли плазмиду, несущую ген белка, который активизирует иммунную систему, и проверяли, начал ли синтезироваться этот белок. Потом клетки будущей вакцины облучали, чтобы ограничить их способность делиться, и вводили их мышам с экспериментально вызванными опухолями*

так называемую врожденную систему защиты от патогенов — внешних агентов, с которыми организм еще не встречался, однако готов дать им отпор. А ГМ-КСФ участвует в развитии адаптивного иммунитета, который приобретается в течение жизни, в процессе обучения иммунной системы. Но, как показали недавние исследования, адаптивный иммунитет не формируется без инструкций, которые ему дает врожденная система защиты от патогенов. Возможно, поэтому активировать врожденный иммунитет выгодней, чем адаптивный, более поздний и в эволюционном отношении, и в каждом отдельном случае.

Эти работы мы начали еще в моей лаборатории в Институте биологии гена. Клинические испытания были проведены совместно с Российским научным центром имени Н.Н.Блохина на Каширке и НИИ онкологии имени Н.Н.Петрова в Санкт-Петербурге. Совмещенные первая и вторая фазы прошли достаточно давно, а еще раньше были предклинические испытания на трех видах животных, так что безопасность терапии полностью подтвердилась. В последние годы велась чистая вторая фаза — определение эффективности. Из биопсийного или хирургического материала пациента получали культуру опухолевых клеток и внедряли в них ген. Проверяли, активен ли ген в клетке, инактивировали клетки облучением и вводили их пациенту. (Важно, что часть клеток можно законсервировать в жидком азоте, чтобы при необходи-

мости использовать для повторной вакцинации.) Работа велась при поддержке мэра Москвы Ю.М.Лужкова.

Хороший иммунный ответ на вакцину наблюдался более чем у половины пациентов. Это подтверждало, что мы на правильном пути. Более того, в четверти случаев опухоль переставала расти и метастазировать, положение стабилизировалось, а в 10% случаев начинался регресс опухоли.

Однако индивидуальная вакцина по определению не может быть дешевой и общедоступной. В ее стоимость входит оплата труда квалифицированных специалистов в среднем на протяжении трех месяцев, стоимость расходных материалов. А главное, установить и поддерживать культуру опухолевых клеток удается только в 30% случаев. Поэтому для двух из трех пациентов вакцину сделать вообще не получится. И даже в случае удачи приготовление вакцины отнимает много времени, а это в онкологии часто бывает непозволительной роскошью.

Индивидуальные вакцины подтвердили, что предложенный принцип работает. Но переходить ко второй фазе, в которой будут участвовать не десятки, а около ста пациентов, мы решили с более технологичной методикой. Как уже говорилось в начале, у разных опухолей есть сходные антигены. Ко времени завершения работы над индивидуальными вакцинами мы получили около 40 культур опухолевых клеток. Из этого банка мы можем выбирать разнообразные опухолевые антигены и комбинировать их таким образом, чтобы они хотя бы

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

частично воспроизводили антигенный портрет опухоли пациента. Предполагалось, что таким способом удастся получать не запредельно дорогие и эффективные вакцины за приемлемое время.

На протяжении двух лет мы продолжали собирать и характеризовать банк. Клеточные линии были запатентованы Онкоцентром, и сейчас мы выбираем среди них наилучшие. В 2008 году мы готовили универсальную вакцину. Более того, весьма вдохновляющий результат был получен с комбинированной вакциной, которая содержала и наш белок, и ГМ-КСФ, — она давала 80% выздоровлений. Понятно почему: такая вакцина активирует и врожденный, и адаптивный иммунитет.

Сейчас мы продолжаем изучение вакцины на основе белка ГМ-КСФ. Мы берем опухолевую ткань и, не устанавливая никакой культуры, просто смешиваем ее с культурой клеток, секретирующих ГМ-КСФ. Хотя его секретируют не сами опухолевые клетки, а другие, но тут наблюдается так называемый bystander-effect — «эффект рядом стоящего»: развивается иммунный ответ на опухоль. С научной точки зрения тут нет ничего принципиально нового, этот подход уже использовали зарубежные исследователи. Но то, что сейчас продолжают клинические испытания этой вакцины, очень хорошо, потому что белок ГМ-КСФ наверняка станет одним из компонентов нашей вакцины, а по правилам необходимо доказать эффективность каждого компонента в отдельности. Поэтому нельзя сказать, что работа стоит на месте и время проходит зря, но работать параллельно по нескольким направлениям нам сейчас не удается, и это печально. Ведь даже при наилучшем раскладе испытания займут много лет, а потраченные впустую годы — это жизни людей.





# Наука против старения: кто кого?

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

*Всех людей объединяет нежелание стареть. В средствах массовой информации регулярно появляются сообщения о том, что ученые нашли наконец ген старения или средство, продлевающее жизнь. На самом деле ген этот далеко не единственный, а средство, разумеется, не панацея. Чтобы получить истинное представление о современном состоянии геронтологии, нужно обращаться к специалистам. «Российский химический журнал» предоставил в распоряжение геронтологов целый выпуск (№ 3 за 2009 г.), и на его страницах отечественные, украинские и американские ученые изложили свои взгляды на проблему. Статья, которую вы читаете, написана по материалам этого номера.*

## Спор программы и вероятности

Российский благотворительный фонд поддержки научных исследований «Наука за продление жизни» создал комплексную междисциплинарную программу «Наука против старения». (Строго говоря, долго жить и не стариться — это разные вещи, ну да ладно.) Программа предполагает огромное количество масштабных исследований от разработки новых методологических подходов к исследованию старения до создания его модели и технологий вмешательства в процесс. Основной целью геронтологи считают увеличение максимальной продолжительности жизни человека при сохранении здоровья.

Из этой программы следует, что надежных методологических подходов к исследованию старения до сих пор нет и ощутимых практических результатов оно пока не принесло. И неудивительно, потому что среди специалистов нет единства взглядов на причины и механизмы старения.

Существует более 300 теорий старения (по-моему, геронтологи не без удовольствия называют это число), которые традиционно разделяют на два класса: вероятностного и програм-





*И жемчужница,  
и черепаха  
не стареют,  
только растут*



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

мируемого старения. Сторонники вероятностных теорий полагают, что к старению приводят повреждения, которые с возрастом накапливаются в организме, — этакая неизбежная амортизация. «Программисты» утверждают, что все возрастные изменения происходят в соответствии с генетическими программами, выработанными в ходе естественного отбора.

Оппоненты не могут даже договориться о том, что такое старение. Академик Владимир Петрович Скулачев определяет его как медленное и согласованное ослабление функций организма с возрастом.

Согласованность ослабления тут же стала камнем преткновения среди геронтологов. По мнению В.П.Скулачева, согласованность непременно должна быть, поскольку хаотический отказ различных систем и органов вызвал бы быструю смерть без всякого старения. Но если согласованность есть, то должна существовать и обеспечивающая ее программа, против чего решительно возражают сторонники вероятностных теорий. С другой стороны, все в организме взаимосвязано, и ослабление одной функции неизбежно ведет к ухудшению других. Если принять эту точку зрения, то объяснить старение можно без всяких программ.

В этом споре у каждой стороны свои аргументы. «Программисты», например, заявляют, что организм не может просто рассыпаться от времени, как старый автомобиль (любимое сравнение геронтологов), потому что ученым известно уже много генов, определяющих старение. Следовательно, оно запрограммировано генетически. На это оппоненты отвечают, что генов, влияющих на старение, слишком много, чтобы можно было говорить о программе. Просто генотип организма определяет запас его прочности. Ведь и машины изнашиваются с разной скоростью: дешевые быстрее, дорогие и качественные медленнее.

А потом они добавляют, что любую программу можно испортить — это ее ключевое свойство. Сломать программу развития, например, ничего не стоит, а попробуйте сломать программу старения, если она существует, — что-то нет у нас таких примеров. Как это нет, возмущаются «программисты». Да сколько угодно! У нас есть тихоокеанские лососи, погибающие сразу после нереста, а если удалить им гонады, то они будут жить. Гибель самок шмелевидного двупятнистого осьминога после откладки яиц можно предотвратить удалением оптических желез (есть у осьминогов такие железы, расположенные позади глаз). Самки речного угря, которые не участвуют в размножении и обитают в изолированных водоемах, живут десятки лет. Мы знаем также множество растений, которые цветут раз в жизни, а потом погибают. Таковы, например, агавы или гигантская пальма. Но если удалить у них цветоносные побеги, они будут расти и расти. Чем же это не испорченная программа старения?

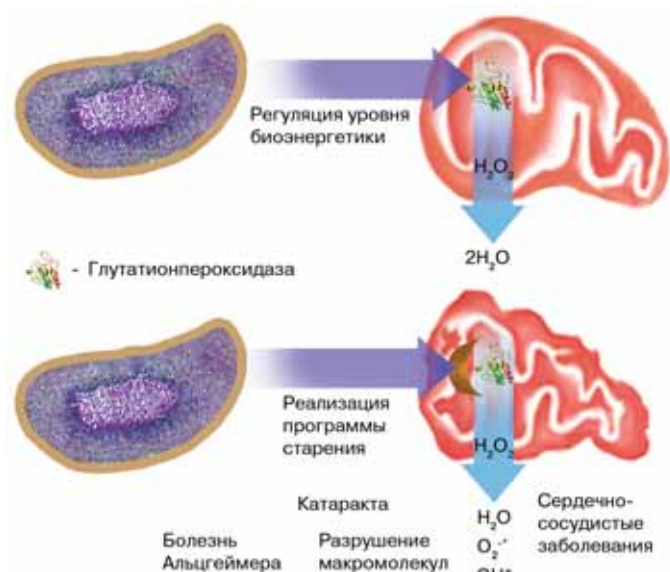
Это запрограммированная гибель, отвечают сторонники вероятностных теорий, она происходит очень быстро и со старением ничего общего не имеет. Вполне можно допустить, что существует программа самоликвидации на тот случай, когда организму лучше погибнуть, чем отягощать собою генофонд популяции; такую программу самоликвидации В.П.Скулачев назвал феноптозом. Но кажется совершенно невероятным, что-

бы для устранения ненужных организмов природа создавала программу, которая увеличивает вероятность их гибели со временем — а именно так должна работать настоящая программа старения. Если испортить ее, организм не будет стареть и умирать. Где они, бессмертные организмы? Бессмертных организмов нет, возражают «программисты». Есть организмы, которые не стареют, но и они умирают от органических причин. Не стареют жемчужницы и крупные морские черепахи, которые лет двести растут без каких-либо признаков старости и умирают от последствий роста. У жемчужницы створки раковины становятся такими тяжелыми, что она не может их открыть, а гигантские черепахи теряют подвижность из-за огромного панциря. И вообще, продолжительность жизни — видоспецифический признак, поэтому она точно запрограммирована.

## Шанс для умного зайца

Противники программируемого старения резонно замечают, что у всякой программы должна быть цель, а организму стареть совершенно невыгодно. Кроме того, никакая биологическая программа не может существовать, если ее не поддерживает естественный отбор. Английский геронтолог и нобелевский лауреат Питер Медавар еще в 1952 году заметил, что продолжительность жизни не подконтрольна естественному отбору. Поскольку в реальных условиях животные практически всегда погибают от внешних причин, не дожив до старости, естественный отбор не может различать их по признаку долгожительства.

На это приверженцы программы возражают, что отбор по продолжительности жизни существует, но происходит он не на индивидуальном, а на популяционном уровне. И цель у него есть, даже не одна. Так, известно, что численность популяции постоянно колеблется. Если она станет меньше некоего критического значения, то уже не восстановится и популяция погибнет. Способность популяции восстанавливать численность и не переступать критическую черту зависит от врожденной скорости роста (разности между рождаемостью и смертностью), которая, в свою очередь, зависит от продолжительности жизни и скорости размножения особей, составляющих популяцию (эту зависимость установили экологи). Понятно, что врожденная скорость роста не должна быть слишком мала, иначе популя-



### Образование активных форм кислорода — следствие реализации программы старения

ция будет очень чувствительной к относительно небольшим колебаниям численности. Но и очень большой эта величина быть не может: тогда в благоприятные периоды популяция чрезмерно разрастется, а за скачком численности обычно следует значительный спад. Врожденная скорость популяционного роста — это формальная характеристика, которую нельзя запрограммировать, но продолжительность жизни можно. Поэтому устойчивые популяции составляют особи с оптимальной для нее продолжительностью жизни, определенной естественным отбором.

Еще одно объяснение эволюционному смыслу старения предлагает В.П.Скулачев. Он полагает, что старение дает эволюции возможность отобрать признаки, жизненно важные для ослабленных организмов. У сильных молодых особей такие признаки могут остаться незамеченными. Вот, например, два молодых зайца — один поумней, а другой поглупей — имеют практически равные шансы удрать от лисы, потому что оба бегают быстрее нее. Однако с возрастом скорость бега зайцев снизится из-за уменьшения массы скелетных мышц (саркопении), и тогда преимущество получит умный заяц, который, увидев лису, тотчас пустится наутек. А глупый зверек на старте призадумается и, весьма вероятно, будет съеден. Это значит, что с определенного возраста только умный будет продолжать плодить зайчат, в результате чего слегка поумнеет вся популяция. (Выбор критериев заячьего ума оставим на совести В.П.Скулачева.) При этом вероятность появления каких-то побочных, неблагоприятных для вида последствий сведена к минимуму, потому что старых особей не так много, размножаются они не очень активно, и вообще, недолго им осталось.

Тут надо заметить, что, когда ученые говорят о старении, речь не обязательно идет о пожилых животных или людях. Некоторые жизненно важные функции начинают слабеть очень рано, когда все остальное, в том числе и репродуктивная способность, еще в полном порядке. У людей ослабление некоторых систем иммунитета начинается примерно в 15 лет, с этого же возраста замедляются заживление ран и аккомодация зрительного аппарата. Саркопения наступает вскоре после 20 лет, ослабление остроты зрения — в 30 лет, в 35 лет уменьшается объем легких, а в 45 — эластичность кожи. С 15 лет вероятность смерти с возрастом увеличивается, а это, согласно одному из определений, и есть старение.

Сторонники программируемой эволюции приводят еще один аргумент в пользу действия естественного отбора на старение. Средняя продолжительность жизни больше у тех видов, кото-

рые могут воспользоваться этим преимуществом. Теоретически виды со сходными размерами тела и уровнем метаболизма должны жить примерно одинаково. Но в течение их жизни вмешиваются внешние причины, в том числе и хищники. Летучие мыши и птицы, которым способность летать помогает избегать хищников, могут в безопасных условиях прожить в три раза дольше, чем аналогичные наземные звери, хотя уровень метаболизма у птиц выше. Опоссумы, населяющие острова, на которых в течение многих поколений не было хищников, живут в два раза дольше материковых опоссумов. Голые землекопы, которые имеют высокую социальную организацию и хорошо защищены от хищников глубокими норами и дружным коллективом, живут в неволе более 20 лет — срок немыслимый для обычного небольшого грызуна.

У социально организованных насекомых (муравьев, пчел, термитов) «королева», обитающая в самом безопасном и защищенном месте, может прожить в десять, а то и в сто раз дольше, чем рабочие особи в неволе. А гигантский кит, у которого практически нет врагов, живет около 200 лет, и почему умирает — непонятно.

Для полноты картины приведем еще одну возможную причину, по которой эволюция мирится со старением. Некоторые гены кодируют признаки, повышающие жизнеспособность организма в первую половину жизни, но угнетающие его в пострепродуктивный период. Поскольку главное в жизни — размножение, естественный отбор поддерживает такие признаки, а стало быть, и старение.

## Активные формы

Если программа старения существует, то как она работает? Гипотез существует много, и разбирать их все нет никакой возможности. Интересный механизм предлагает кандидат биологических наук Алексей Григорьевич Трубицин. По его мнению, скорость старения обуславливает генетически запрограммированное снижение уровня клеточной биоэнергетики, которое, в свою очередь, запускает несколько процессов, ведущих к ослаблению всех функций организма. Так, в клетках снижается общий уровень синтеза белков и активность некоторых ферментов, в том числе глутатионпероксидазы. Этот замечательный фермент катализирует антиоксидантный путь в митохондриях. Возникающие там активные формы кислорода (АФК) трансформируются в перекись водорода, которая при помощи глутатионпероксидазы приобретает два электрона и два протона и мирно распадается с образованием двух молекул воды. При низкой активности фермента перекись водорода восстанавливается другим путем и добывает необходимые для этого электроны, окисляя соседние молекулы. При этом получаются вода и кислород, поврежденные макромолекулы и вторичные свободные радикалы, в том числе самый агрессивный из существующих в природе — гидроксил-радикал. Таким образом, вредоносными АФК бывают не всегда, а только при пониженной энергетике.

Помимо увеличения уровня АФК и снижения общего уровня синтеза белков, затухание биоэнергетики влечет за собой изменение гормонального статуса, замедление и прекращение деления клеток, деградацию пула РНК. Каждый из этих процессов способен инициировать лавину последующих дегенеративных изменений. Так, увеличение содержания АФК вызывает катаракту, болезнь Альцгеймера, сосудистые заболевания и другие патологии. Снижение общего уровня синтеза белков приводит к недостаточности ферментов, необходимых для работы системы репарации и нормального клеточного метаболизма, а также многих других жизненно важных процессов.

Из этой теории следует практический вывод. Поскольку первопричиной старения служит снижение уровня биоэнергетики, манипуляция с каждым из вызываемых ею процессов, например прием антиоксидантов, дают лишь небольшой эффект в пределах наносимого ими ущерба. Для управления продолжи-

тельностью жизни нужно искать способы управления уровнем клеточной биоэнергетики.

Гипотеза А.Г.Трубицина противоречит одной из самых популярных теорий, согласно которой увеличение уровня АФК представляет собой не следствие старения, а основную его причину. Как утверждают сторонники этой теории, АФК, генерируемые митохондриями, повреждают все клеточные структуры, в том числе и структуры самих митохондрий, что, в свою очередь, увеличивает продукцию активных форм кислорода. Возникает порочный круг, который ведет к непрерывному саморазрушению организма. Хотя организм располагает системами репарации и антиоксидантной защиты, они недостаточно активны, чтобы справиться с натиском АФК, потому что «финансируются по остаточному принципу». Организм может получить ограниченное количество ресурсов, которые тратит в первую очередь на размножение. Поэтому постоянно сытые граждане благополучных стран живут дольше, чем население бедных государств.

Но противники этой концепции заявляют, что она не выдерживает экспериментальной проверки. Во-первых, многочисленные опыты показали, что переизбыток дарит нас ожирением, а не вечной молодостью, в то время как ограничение калорий увеличивает продолжительность жизни. Во-вторых, полувекровые эксперименты с антиоксидантами не позволили ни увеличить максимальную продолжительность жизни, ни излечивать возрастные недуги: рак, диабет или сердечно-сосудистые заболевания. Кроме того, оказалось, что митохондрии не накапливают повреждение. А.Г.Трубицин ссылается на зарубежные исследования конца прошлого века, в которых митохондрии старых доноров, будучи перенесены в клетки, лишенные митохондриальной ДНК, проявляют полную функциональную активность. Перенос молодых ядер в старые клетки также восстанавливает энергетические функции митохондрий. Эти факты свидетельствуют о том, что снижение биоэнергетической функции запрограммировано в ядерном геноме.

Еще пример: ни Хиросима, ни Чернобыль не ускорили нормальное физиологическое старение у проживавших там людей и животных, хотя радиация вызывает образование АФК. Это серьезный аргумент против окислительной теории старения.

## Растяпа на кухне

Пока сторонники и противники запрограммированного старения жарко спорят, находятся ученые, которые заявляют, что старение представляет собой квазипрограмму, то есть лишенное собственной цели продолжение некоей полезной программы, не отключенной вовремя. Один из сторонников этой точки зрения, российский ученый Михаил Благодосклонный, ныне работающий в США, сравнил квазипрограмму с приготовлением ужина (почему-то именно ужина). Для реализации программы готовки нужна плита, но, если потом ее по забывчивости не выключить, да еще не снять с конфорки кастрюлю с водой, вода выкипит, а кастрюля испортится, что будет следствием не завершенной вовремя программы работы плиты.

В многоклеточных организмах, от растений до человека, роль невыключенной плиты играет белок TOR (от английского target of rapamycin, то есть «мишень рапамицина»), без которого не может нормально реализоваться программа эмбрионального развития. Белок регулирует рост и деление клеток, их выживание и подвижность, а также синтез многих клеточных белков. Но когда эмбриональное развитие окончено, никто не отключает ген TOR и его белок продолжает стимулировать рост клеток. Растущие клетки должны делиться, однако в сформировавшемся организме это не всегда возможно, поскольку во многих тканях клеточный цикл уже заблокирован. В этом случае клетка включает компенсаторный механизм и стареет. По мнению Михаила Благодосклонного, старение представляет собой несвоевременную активацию клеточных сигнальных путей. Для пояснения своей мысли ученый опять использовал кухонную аналогию и уподобил



клетку раковине, ее рост, активируемый TOR, льющейся в раковину воде, а клеточные деления — утечке воды через сливное отверстие. Когда вода льется в раковину и утекает в дыру, это нормальное состояние, в котором находятся делящиеся клетки. Если же клеточный цикл заблокирован, то есть отверстие заткнуто, раковина неизбежно переполняется, а льющийся в нее поток воды аналогичен клеточному старению. Самое существенное в этой аналогии заключается, по словам ее автора, в том, что вода повреждает не раковину, а различные удаленные предметы: мебель, пол, книги в квартире этажом ниже. Сходным образом клеточное старение может сказываться на удаленных органах. Например, TOR стимулирует активность остеокластов — клеток, которые разрушают костную ткань, чтобы кость могла перестраиваться и обновляться. В нормальном состоянии деятельность остеокластов уравновешена созидательной работой других клеток, но их неуместная активность может приводить к переломам бедра и смерти от легочных осложнений. Гиперактивация тромбоцитов и гладких мышечных клеток артерий нередко становится причиной инсульта и повреждений мозга.

Повышенная стимуляция TOR вызывает не только гиперактивность клеток, но и невосприимчивость к сигналам, таким, как инсулин или факторы роста. Комбинация клеточной гиперактивности с невосприимчивостью может привести к серьезным нарушениям работы отдельных органов и всего организма, например к диабету, раку или метаболическому синдрому. Так клеточное старение, то есть несвоевременная активация клеток, вызывает старение и смерть целого организма.

Поскольку квазипрограмма представляет собой бесконтрольное продолжение программы развития, она не слишком точна. Поэтому в процессе старения у большинства видов млекопитающих происходят сходные возрастные изменения, однако у разных особей они проявляются в разное время, и чем раньше возникают эти изменения, тем они неотвратимее. Например, старческая дальновзоркость и менопауза наступают людей относительно рано и потому практически универсальны. А дегенерация желтого пятна и болезнь Альцгеймера дают о себе знать в более позднем возрасте, и многие люди умирают, не дожив до этой патологии.

Правильно ли возложить всю ответственность на ген TOR, когда ученым известны и другие гены, регулирующие старение? Оказывается, многие из этих генов влияют на активность TOR. Он реагирует на присутствие питательных веществ, гормонов, инсулина и других стимулов. М.Благодосклонный полагает, что по действию генов на TOR можно предсказать их влияние на продолжительность жизни. Гены, активирующие TOR, сокращают жизнь, а подавляющие его — продлевают.

Регулируя активность некоторых генов, а также ограничив потребление калорий, можно частично инактивировать сигнальный путь TOR и отложить старение, что экспериментально доказано на дрожжах, нематодах, дрозофилах и мышах. Одним из ингибиторов белка могут стать антиоксиданты, потому что активные формы кислорода тоже стимулируют TOR. А еще TOR можно ингибировать непосредственно, тем самым рапамицином, для которого он мишень. (Сообщение об этом недавно прошло по новостным лентам.) Рапамицин представляет собой противогрибковый антибиотик, который продуцируют почвенные бактерии. Медики используют этот препарат для предотв-

ращения отторжения пересаженных органов. Как показали исследования, рапамицин полезен и в лечении различных заболеваний пожилых людей — от рака до возрастной дегенерации желтого пятна, а потому этот антибиотик вполне может стать и лекарством от старения. («Химия и жизнь» предупреждает: самоомоложение опасно для здоровья.) Возможно, когда-нибудь люди будут регулярно принимать рапамицин, недоумевая, почему хозяйка-природа с таким завидным постоянством забывает отключить плиту.

## Часики

Может быть, потому, что это вовсе не плита с кастрюлей, а часы. Заведенные в момент зачатия организма, они тикают до его кончины. Сравнение с часами предлагает Алексей Матвеевич Оловников, известный своими удивительными теориями, экспериментальное подтверждение которых он предоставляет другим. Ученый резонно замечает, что развитие любого организма жестко определено во времени, которое, следовательно, надо как-то отсчитывать.

Многие исследователи отводят роль часов гипоталамусу, отделу мозга, определяющему суточные ритмы. По мнению А.М. Оловникова, эту функцию выполняет весь мозг. Ученый предлагает представить мозг млекопитающего в виде прозрачной колонки, заполненной гелем. В геле медленно тонет платформа с красителем, оставляющим за собой сумеречный шлейф, и чем ниже она опускается, тем длиннее становится окрашенный столб постаревших клеток мозга и тем меньше остается клеток, еще сохранивших молодость.

В реальности роль платформы выполняет движущийся по мозгу фронт частичной дедифференцировки нервных клеток. Нейроны при этом не перестают быть нейронами, но их активность меняется, поскольку дедифференцировка влияет на работу клеточных генов. Изменения активности нейронов отражаются на состоянии органов и тканей, иннервируемых этими клетками. Фронт дедифференцировки движется пошагово по неслучайным маршрутам, а интервалы между шагами задает особый гипотетический биоритм, который А.М. Оловников назвал Т-ритмом.

Ученый также предположил, что за изменение активности нейронов отвечают копии крошечных участков хромосомной ДНК, хрономеры, длина которых составляет 10–15 тысяч пар нуклеотидов. (Хрономер никто не видел, но, по мнению А.М. Оловникова, они должны существовать.) Эта гипотетическая молекула покрыта белками и лежит, как в гнезде, в особом углублении среди витков породившей ее хромосомы, с которой соединена химическими связями. Хрономера содержит не-

сколько генов, и с них специальный фермент (РНК-полимераза) печатает коротенькие молекулы РНК. Эти РНК, в свою очередь, влияют на активность определенных хромосомных генов.

Важную роль в судьбе хрономера играет Т-ритм. Пики Т-ритма сопровождаются короткими, минут на десять, гормональными выбросами, в которых, скорее всего, участвуют гормон роста и/или инсулиноподобный фактор. Во время гормональной «бури» РНК-полимераза движется по хрономере гораздо быстрее обычного. Из-за этого на молекуле ДНК возникает огромное механическое напряжение, которое разрывает хрономеру и отрывает ее от хромосомы. Пока она восстанавливает разрыв и заново устраивается на прежнем месте, другие клеточные ферменты успевают ее «подъесть». Так хрономера становится короче и постепенно теряет гены, с помощью которых регулирует деятельность клеток мозга. У короткоживущих видов период Т-ритма довольно мал, у долгоживущих — велик.

Согласно теории А.М. Оловникова, на сигнал Т-ритма могут ответить не всякие хрономеры, а только предварительно активированные. На первый сигнал реагируют лишь немногие молекулы (им свойственна клеточная специфичность), но их изменение или утрата служат командой «приготовиться!» для хрономера второй очереди. На следующий сигнал ответят именно они и так далее. Каждое укорочение хрономеры — это щелчок биологических часов, которые отмеряют продолжительность жизни животного и продолжительность его старения. Если нейронов немного, хрономерная эстафета будет очень короткой. На то, чтобы дедифференцировать нервные клетки у видов с крупным мозгом, требуется гораздо больше времени, и такие организмы живут дольше. Животные, у которых нервная система постоянно растет с ростом организма либо эффективно регенерирует, например осетр, камбала, омар или гигантская черепаха, практически не стареют.

Хрономеры еще не найдены, потому что их никто не искал, да и найти их нелегко. Однако хрономерную теорию старения нельзя считать полностью умозрительной. По такому же принципу происходит нейральная индукция, первый этап формирования головного и спинного мозга, у высших позвоночных. Отключение определенного сигнального пути в одном участке развивающегося головного мозга служит сигналом для индукции очередных изменений в соседних клетках нервной системы. Опять-таки, существует связь между темпами эмбрионального развития организма и временем его жизни. Люди и слоны, беременность у которых длится многие месяцы, живут долго, потому что их часы тикают медленно. А мыши и дрозофилы проживают свою жизнь с бешеной скоростью.

А.М. Оловников убежден, что естественное старение запрограммировано, поскольку в его основе лежит единый универсальный механизм — укорочение хрономера. Однако правильное, кажется, считать предложенный механизм квазипрограммой, то есть не отключенной вовремя программой развития. В первой половине жизни она созидательно работает, а затем Т-ритмы убивают то, что сами же и породили.

### TOR — ключевой ген старения?

По мнению М.В. Благодосклонного, к старению приводит несвоевременная активность гена TOR (мишень для рапамицина).

Факторы, ингибирующие TOR, замедляют старение; активаторы — ускоряют.





Если хронометрическая теория верна, то как нам победить старение? По мнению А.М.Оловникова, радикально переделывать Т-ритм нереально. Однако можно попытаться фармакологически изменить его амплитуду или период после того, как организм полностью созрел. Правда, пока абсолютно неясно, на что именно для этого надо воздействовать. А вот если расшифровать последовательности хрономер (после того, как их обнаружат), то можно будет имитировать активность хрономерных генов, вводя в организм те факторы, которых он с возрастом лишается.

С тем, что старение представляет собой не отдельную программу, а продолжение развития, согласен и доктор биологических наук Александр Николаевич Хохлов. По его мнению, в специальной программе старения нет никакой нужды. Организм все равно будет стареть — так уж он устроен. Основным механизмом запуска старения служит ограничение клеточных делений — неизбежное следствие программы развития. Еще в первой трети XX века некоторые исследователи, в том числе наш соотечественник И.И.Шмальгаузен, пришли к выводу, что реализация программы развития приводит к возникновению популяций дифференцированных клеток, которые не способны ни к росту, ни к восстановлению, — таких, как нейроны или клетки сердечной мышцы. Их деление сразу нарушило бы сложную систему клеточного взаимодействия. Однако существование таких популяций делает невозможной полноценную регенерацию организма. В 1980-е годы А.Н.Хохлов разработал на основе этой концепции свою теорию старения. Высокодифференцированные клетки, как и все прочие, накапливают повреждения ДНК, которые организм не в состоянии полностью репарировать. Эти повреждения наиболее существенны, поскольку все остальные макромолекулы можно в принципе синтезировать заново, если имеется матрица, то есть ДНК. Количество дефектов ДНК в расчете на неделивающуюся клетку непрерывно растет с возрастом, увеличивая вероятность дисфункции органа или ткани, а затем и возникновения различных возрастных болезней. Заметим, что старение начинается именно с неделящихся клеток, в первую очередь с нейронов.

Свое предположение ученый подтвердил экспериментально. Он выращивал клеточные культуры до такой плотности, что клетки не могли больше делиться, и в них действительно стали накапливаться разрывы и другие повреждения ДНК и сшивки «ДНК—белок». В неделящихся клетках возникли возрастные изменения клеточных ядер, дефекты плазматических мембран, ослабела их реакция на факторы, стимулирующие размножение клеток. А вот и «обратный» пример — пресноводная гидра, которая находится в постоянном развитии. У нее есть специальные клетки, которые непрерывно делятся, обновляя организм, а старые клетки слущиваются. При этом размеры и индивидуальные особенности полипа не меняются, и гидра не стареет.

Таким образом, по мнению А.Н.Хохлова, программы развития как таковой вполне достаточно для объяснения причин старения многоклеточных организмов. Выдумывать для этого специальную программу нет необходимости.

## Теории и практика

Примером такого подхода служит программа британского геронтолога Обри Ди Грея SENS (Strategies for Engineered Negligible Senescence — стратегия достижения пренебрежимого старения инженерными методами). О его деятельности «Химия и жизнь» подробно писала в № 5 за 2009 год. Ди Грей предлагает все ненужные клетки удалять, недостающие восполнять, клеточный и межклеточный мусор из организма выкидывать, а также разрушать образующиеся межмолекулярные и межклеточные сшивки. А вместо того, чтобы исправлять мутации, возникшие в митохондриях, нужно сделать копии всех 13 митохондриальных генов и внедрить их в хромосомы ядра.

Российские ученые под руководством В.П.Скулачева создали для борьбы с АФК серию исключительных антиоксидантов, названную ими SkQ (Sk обозначает проникающий катион, «Скулачев-ион», а Q — хинон). SkQ представляют собой различные производные пластохинона (природного антиоксиданта хлоропластов), соединенные с несколькими катионами, которые позволяют молекулам проникать в митохондрии и избирательно там накапливаться. Опыты на мышах и крысах подтвердили, что антиоксидант SkQ, вводимый в организм в очень небольшой концентрации, тормозит до 20 признаков старения организма: уменьшает скорость апоптоза, ослабляет последствия инсульта, улучшает зрение; животные дольше сохраняли молодость, здоровье и репродуктивные функции. Скулачев-ионы действуют как мощные геропротекторы, которые не столько увеличивают максимальную продолжительность жизни, сколько улучшают ее качество во второй половине жизненного цикла. Не исключено, что вторым перспективным геропротектором станет рапамицин.

На первый взгляд, к неплохим результатам могла бы привести клеточная терапия. Стволовые или мультипотентные клетки способны заменить поврежденную дифференцированную клетку на новую. Однако стволовые клетки с возрастом все реже делятся и дифференцируются, а в других случаях, наоборот, начинают делиться бесконтрольно, образуя опухоли.

Дело в том, что на стволовые клетки влияет их микроокружение — стволовая ниша, которая питает и защищает стволовые клетки и снабжает их информацией. Она состоит из обычных дифференцированных клеток, со временем стареющих. Их функциональная активность меняется, они синтезируют уже не все ростовые факторы и не в таком количестве, зато выделяют сигналы воспаления и ферменты, которые разрушают клеточный матрикс. На основании этих данных доктор биологических наук Алексей Александрович Москалёв предположил, что старение организма и канцерогенез могут быть следствием возрастной патологии стволовых ниш.

Если это так, то инъекция стволовых клеток не поможет старому индивиду, поскольку молодая стволовая клетка окажется в старой нише. Но можно попробовать расшифровать сигналы ниши и научиться их модифицировать, чтобы стволовые клетки получали все необходимое в нужном количестве.

В общем, работы у геронтологов — непочатый край, а намерения самые серьезные. Пожелаем им успехов, а главное, осознанности. Если бороться с проявлениями старения, не разбирая причин, как предлагают сторонники вероятностной теории, можно получить неожиданные побочные эффекты. Радикальные меры Ди Грея иногда пугают. Но и «программисты» настроены не менее решительно. Академик Скулачев призывает «покончить с тиранией генома и отменить те из диктуемых геномом программ, которые выгодны для генома, но не выгодны для индивида». Отмена таких программ, по его словам, превратила бы человека в *Homo sapiens discatenatus* (освобожденного от оков). Но можем ли мы объявить старение атавизмом, если так точно и не выяснили, почему и зачем стареем?



# Искусство задавать вопросы



Варан с острова Комодо.

## Помпони Квадрат

*Жил когда-то слоненок, такой любопытный, что просто извел всех окружающих своими вопросами. И когда он пожелал узнать, что кушает за обедом крокодил, никто не захотел ему отвечать. Пришлось слоненку пойти и спросить самого крокодила. Сколько людей, наверное, обзавидовалось, читая эту историю! Ведь и у них есть вопросы к животным, но, не зная языка, они лишены возможности просто пойти и спросить. Нужные сведения приходится добывать обиняком. Впрочем, информация, которая интересует ученых, порой настолько щекотливого свойства, что обиняком, может быть, и приличнее, но в этом случае необходима сугубая деликатность. А люди, стремясь удовлетворить свое любопытство, бывают порой весьма неразборчивы в средствах. Впрочем, судите сами.*

## Как кусает варан?

Комодский варан, называемый также драконом, самая большая в мире ящерица, питается оленями и дикими свиньями. Люди заставляли варана за пиршеством: иногда добыча была еще теплой, иногда, извините, падалью. Видали они хищника, присматривающего добычу в самой середине стада. Он движется так неспешно, что потенциальные жертвы его не пугаются. Но поскольку варан — животное крайне скрытное, сам процесс убийства жертвы остается за кадром. Как же он это делает? Таким вопросом задался австралийский исследователь Брайан Фрай и к поиску ответа привлек 27 коллег из Австралии, Нидерландов, Чили, Швейцарии, Бельгии, Соединенного Королевства, Сингапура и Гонконга (слоненок докучал вопросами меньшему количеству родственников и знакомых), а также варана и гребнистого крокодила. Крокодил понадобился для сравнения, ибо как он охотится, известно всем.

У гребнистого крокодила, как и у всех кусающих хищников, тяжелый череп и очень мощные челюстные мышцы, которые он может сжать с силой 250 Н. А у комодского варана, хоть он и дракон, череп легкий, а челюсти слабые, и сильнее 39 Н он не укусит. Этого недостаточно, чтобы убить крупное, отчаянно сопротивляющееся животное. Следовательно, комодский дра-

кон не может охотиться так же, как гребнистый крокодил. А тогда как?

О драконьем укусе сложена оскорбительная легенда. Он, видите ли, питается падалью, а зубов никогда не чистит, поэтому между ними застревают кусочки гниющего мяса, и пасть комодского варана полна патогенных бактерий. Ему якобы стоит лишь тянуть жертву до крови, а там она сама умрет от инфекции. Варану остается только дожидаться этого момента и приступить к трапезе. Ждать приходится в движении, потому что легко укушенная жертва убегает и погибает от сепсиса через несколько дней после укуса, а охотник вынужден топтать по ее следам, пока не упрется в лежащее тело. Однако Фрай решил, что такой сценарий неправдоподобен и жертвы, укушенные драконом, должны умирать быстро.

Брайан Фрай с детства любил ядовитых животных и мечтал их изучать. Мечту он реализовал, став крупнейшим австралийским специалистом в этой области, и, естественно, теперь повсюду ищет яды. И вот настал черед комодского варана, точнее, пробил его час, потому что одно животное как раз умирало от неизлечимой болезни в Сингапурском зоопарке. Любопытный Фрай ускорил кончину варана и завладел его головой.

Далее ученые воспользовались медицинским прибором, который создает трехмерные изображения с помо-

щью магнитного резонанса. Объект исследования помещают в сильное магнитное поле, которое вызывает слабые вибрации атомов, и эти вибрации, улавливаемые специальным устройством, позволяют получить трехмерное изображение. На этом изображении Фрай и его команда увидели то, что искали, — ядовитые железы варана. Их всего 12 — по шесть с каждой стороны нижней челюсти. Все вместе они могут содержать около 1,2 мл яда. У дракона нет ядовитых зубов, как у змеи. Яд выделяется прямо в просветы между зубами и проникает сквозь раны, когда рептилия терзает свою жертву. А потерзать возможность есть. Разглядев хорошенько трехмерное изображение вараньей головы, ученые обнаружили, что позади черепа у него невероятно сильные мышцы, которые помогают удерживать жертву. Зубы у дракона острые и зазубренные, он кусает широко и глубоко и придерживает добычу, пока яд не проникнет в кровь. Рана получается такая обширная, что в специальном механизме впрыскивания яда просто нет необходимости. А бактерий у варана во рту не больше, чем у других хищников.

Исследователи выделили ядовитые железы и испытали яд на крысах. Оказалось, что он предотвращает свертывание крови и расширяет сосуды. От резкого падения давления и потери крови отравленная жертва впадает в шок и не сопротивляется — варан может спокойно ее пожирать. Причем дракон экономит не только усилия, но и яд — чтобы полностью обездвижить оленя, достаточно всего 3% от общего количества яда, которым располагает хищник, в то время как змеи



Гребнистый крокодил...

и мегалания



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

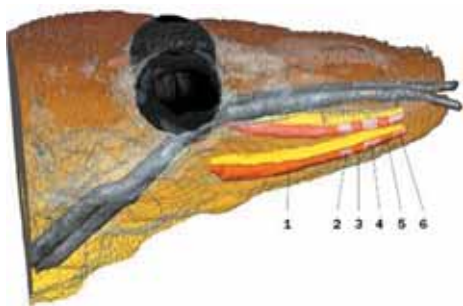
впрыскивают жертвам примерно половину ядовитого запаса.

Группа Фрая сравнила анатомическое строение комодского дракона с окаменелыми остатками его близкого родственника, гигантского варана мегалании, жившего в Австралии 40 000 лет назад. Поскольку между ними обнаружилось большое сходство, ученые предположили, что мегалания тоже была ядовитой. Возможно, это крупнейшее ядовитое животное, когда-либо жившее на Земле, а комодский дракон занимает второе место. А мы и не знали.

Мне кажется, что человек подсознательно жаждет ужасов. Его так и тянет на когти, челюсти, мутантов-пожирателей. Неудивительно поэтому, что ученые интересуются принятыми в природе способами убийства, причем настолько, что даже к растениям приступают с расспросами.

### Как растение прилепляет насекомых?

В Южной Африке растет небольшой кустарничек роридула Горгоны (*Roridula gorgonalis*). Ее ветки покрыты множеством длинных узких листьев. Когда они отмирают, то свисают вниз, слегка закручиваясь на концах, словно змеи с головы Медузы горгоны. А живые листья густо покрыты волосками, и у каждого на кончике блестит капелька пахучего и липкого бальзама, в ко-



У комодского варана есть ядовитые железы

тором безвозвратно увязают насекомые. Раньше ученые думали, что растение пойманных мошек ест, но оказалось, что нет — просто приклеивает, чтобы не портили листья. Однако когда отмершие листья вместе со всем, что на них налипло, падают на землю, то обогащают азотом бедную почву (роридула растет на болоте), так что в конце концов пойманная добыча все-таки идет на корм растению.

Даже такие крупные и сильные насекомые, как пчелы и осы, не могут вырваться из горгонской ловушки. Местные жители собирают пучки ветвей роридулы и ставят в домах в качестве липучек для мух. А трое исследователей из германского Института исследований металлов Макса Планка под руководством Дагмар Вог заинтересовались, откуда у растения такая клейкость. Ученые с немецкой педантичностью (хотя двое из них — украинцы) промерили длину волосков, покрывающих листья роридулы. Оказалось, что все волоски можно разделить на три класса: длинные и тонкие (3,3—5 мм), средние потолще (1—2,4 мм) и толстенные короткие волосочки от 0,3 до 0,7 мм. Отличаются они и гибкостью: самые длинные волоски самые гибкие, средние почти в четыре раза жестче, а самые короткие — чуть ли не в 50 раз жестче длинных и практически негибачемы.

Затем исследователи взяли секрет от волосков каждого типа, склеили им стеклышки и определили, какие нужны усилия, чтобы эти стекла разлепить. Оказалось, что самые длинные волоски вырабатывали секрет самой малой липкости, он склеивает стеклышки с силой 17,5 кПа. Секрет из средних волосков приклеивает почти в полтора раза сильнее (24,5 кПа), а вещество из самых коротких держит мертвой хваткой — 156,2 кПа, почти в четыре раза сильнее, чем липучка для мух. (Прямо не исследование, а сказка про трех медведей!)

Окончив измерение, ученые воссоздали картину влипания насекомого в лист роридулы. Происходит это,

оказывается, поэтапно, а этапов, естественно, три. Сначала злополучная жертва слегка касается длинных волосков и прилипает к ним. Начинает вырываться и сильнее запутывается в клейком секрете. При этом она задевает более жесткие средние волоски, выделяющие более сильный клей, и, наконец, попадает в плен к коротким волоскам, к которым приклеивается намертво. Так что дело длинных волосков уловить и запутать, а самые короткие приспособлены к долгому удержанию бьющихся насекомых, которые в процессе борьбы теряют энергию и перестают трепыхаться.

Думается мне, это исследование, как и предыдущее, порождено просмотром фильмов ужасов типа «Волоски-3». Что это за вопросы: «Ты ядовитый? Липкий? А в рыло даешь или они сами с налета стучаются?» Нет бы подойти к живому созданию с лаской, поинтересоваться здоровьем и жизнью в целом. И нашлись такие сострадательные люди. Рад сообщить, что это наша соотечественница, Ирина Павловна Шепелева из Российского государственного университета им. И.Канта, что в Калининграде.

### Как поживаете, слизень?

Рыжий слизень — обитатель лесов, лугов и живых изгородей. Животное он нежное, мягкотелое, поэтому днем таится под листьями, а ранним вечером покидает свое убежище и гуляет всю ночь, возвращаясь домой до рассвета. Днем его может выманить на прогулку только прошедший теплый дождик. Но нравится ли слизию такая жизнь? Быть может, если бы ему не докучали хищники, люди и иссушающая дневная жара, он предпочел бы гулять днем, любовался бы голубым небом и ясным солнышком?

Чтобы это выяснить, И.П. Шепелева наловила слизней в парках и садах Калининграда, поместила в специальные террариумы, чтобы сподручнее было спрашивать, кормила листьями одуванчиков, морковь и яго-

дами, а свет включала только на девять часов.

Разговор по душам происходил в экспериментальной камере — черном-черном коробе со стеклянным дном. А в коробе было два окошечка, в которые светили две лампочки: одна слабенькая, для создания постоянных сумерек, а другая — переменной яркости, чтобы можно было менять освещенность. Перед сильной лампочкой поставили тепловой фильтр, чтобы она не нагревала камеру и вопрошаемые реагировали только на изменение освещенности, но не температуры. Моллюска сажали в центр камеры и наблюдали за его поведением при освещении разной яркости, а потом изучали его следы (на стекле они хорошо заметны).

Сначала слизень осматривается на новом месте: головой вертит, глазами размахивает (глаза у него на щупальцах), туловище приподнимает и ползает по камере. Исследования камеры занимают разное время и закончиться могут двояко: либо моллюск уползет в темный угол, либо замрет на месте, втянув голову и щупальца под мантию. И чем ярче был свет, тем быстрее слизень либо замирал, либо удалялся в тень. Получается, что в камере он избегает света так же, как в естественных условиях. Значит, ему действительно нравятся сумерки, и это замечательно. Потому что, если бы слизень, предпочитая ясный день, был обречен на сумеречное существование, как бы все за него переживали!

Хорошо, что есть среди ученых гуманисты, но встречаются, к сожалению, и такие, которым интереснее не то, как животному живется, а как ему болеется.

## Каково тебе, краб, с насморком?

Синие крабы, обитатели теплых вод Атлантики, подвержены инфекции. Бактерии, принадлежащие к виду *Vibrio*, размножаются в гемолимфе крабов и слипаются с ее клетками гемоцитами. Образовавшиеся комочки застревают в жабрах, налипают с внутренней стороны на панцирь, а затем краб расстается с ними во время очередной линьки. Хорошо, что жабры помогают крабам избавиться от бактерий, но при этом они забиты, и крабу, наверное, дышать тяжело. Как же они живут с «хроническим насморком»?

Этим вопросом, исключительно из чистого любопытства, по-моему, задался американский физиолог Луи



*Роридула Горгоны (слева) и ее клейкие волоски (сверху)*

Барнет. Он и его сотрудники начали с того, что наловили здоровых крабов и заразили их бактериями: просверлили в панцире крошечную дырочку, впрыснули через нее сублетальную дозу бактерий, а контрольной группе — физиологический раствор, а потом залепили жвачкой. Через час, когда инфекция распространилась по телу и крабам, по расчетам, стало трудно дышать, их по одному водружали на специальную беговую дорожку, в которой движущаяся лента представляет собой дно камеры с водой, и полчаса гоняли со скоростью примерно 8 метров в минуту. В камере есть устройство, с помощью которого ученые могли определить, сколько кислорода крабы потребляли до, во время и после своего забега.

Оказалось, что уже через час после заражения крабы расходуют на 30—40% меньше кислорода, чем здоровые. Такого эффекта ученые не ожидали. Уровень метаболизма, конечно, должен был снизиться, но чтобы так резко? Они предположили, что это заработала иммунная система, оттянув на себя изрядную долю кислорода. (Кстати, жабры у краба — это и иммунный орган тоже.)

Метаболическая депрессия, в которой находились испытуемые животные, не помешала исследователям включить беговую дорожку. В естественных условиях «простуженный» краб не обязан носиться по дну. Он сидит себе тихонечко в укрытии, иногда что-нибудь скушает, ходит неспешно. При таком образе жизни «заложенные жабры» не очень его удручают. Но при длительном беге нехватка

кислорода должна была сказаться, и ученые ожидали, что крабы перейдут на анаэробное дыхание, оно же гликолиз, при котором глюкоза расщепляется с образованием молочной кислоты. «Не дождетесь!» — ответили крабы и гликолиз не включили. Уровень молочной кислоты в их гемолимфе остался прежним, хотя кислорода они потребляли по-прежнему значительно меньше, чем здоровые.

Как им это удалось? Американцы пошли на неслыханное злодеяние: заморозили крабов в жидком азоте и растерли в порошок, а потом измерили уровень энергетически важных веществ в измельченных тканях. Оказалось, что зараженные крабы, несмотря на нехватку кислорода и метаболическую депрессию, снабжают мускулы своих ходильных ног энергией не хуже, чем здоровые.

«Как это может быть?» — недоумевают исследователи. «А вот так, — отвечает крабы. — Не задавайте глупых вопросов!»

Мне кажется, в данном случае крабы абсолютно правы. А то некоторые исследователи вообще обращаются к животным с такими вопросами, которые уместнее было бы задать людям.

## Чем безопаснее напиваться?

Многие потребители и производители спиртного и даже сторонние наблюдатели уверены, что водка — наименее опасный из всех алкогольных напитков. Она, дескать, самая чистая и практически не содержит вредных примесей. С одной стороны, оно, конечно, так и есть, но с другой стороны, этанол — самый вредный компонент выпивки. А всякие примеси, органические кислоты, альдегиды и спирты, могут усугубить действие этилового спирта, но могут его и ослабить.





*Синий краб на беговой дорожке. Лента с громким скрежетом движется справа налево*

Проблему выпивки пытались решить с привлечением здоровых добровольцев, но сведения получили противоречивые. И пришлось сотрудникам НИИ наркологии Минздрава России, которые даже помыслить не могли оставить этот вопрос без ответа, обратиться к крысам. Конечно, крыса все стерпит, крыса не подведет. Ее бы кто спросил, нравится ей такая жизнь или нет. Но никто почему-то не спрашивает.

Задача заключалась в том, чтобы выяснить, каким напитком способнее упиваться в стельку: 40%-ным водным раствором чистого спирта, коньяком или виски? Крысам давали коньяк «Hennessy v.s.», произведенный по классической технологии одноименной фирмой во Франции, шотландский смешанный виски «Catty Sark» производства фирмы «Berry Brothers and Rudds» и очищенный этанол марки «Экстра» отечественного производства, приготовленный из смеси ржи и пшеницы. Количество спирта во всех напитках примерно одинаково, так что разницу в последствиях можно смело отнести на счет примесей. По содержанию оных коньяк и виски почти не отличаются. Исключение составляет изоамиловый спирт, которого в коньяке в 3,5—4,0 раза больше, чем в виски. (Шотландский виски, кто не знает, делают из ячменя и ячменного соло-



*Рыжий слизень днем таится под листом*

да, а коньяк — из определенных сортов винограда региона Пуату-Шаранта. Технология производства обоих напитков включает выдержку в дубовых бочках.)

Сначала животных накачивали вышеозначенными напитками через специальный зонд (доза принятого этанола — 4,5 г на кг крысы) и наблю-



*Ну и кто тут спавает крыс?*

дали за их поведением в течение 11 часов. Видимо, это были очень стойкие крысы, потому что ничего из ряда вон выходящего с ними не случилось. Тогда дозу увеличили до 6 г/кг. В этом случае крысы, принявшие коньяк, были менее активны, чем выпившие этанол, а после виски время пассивного поведения возрастает почти вдвое. Пьяных крыс каждые два часа сажали на вращающийся барабан. Если это проделывать с трезвой крысой, она с каждым разом будет удерживаться на барабане все дольше и дольше. Все выпившие крысы не поддаются тренировке и не улучшают показатели.

После этих экспериментов ученые отправили крыс в запой. Каждые 12 часов в течение шести суток им вводили напитки: сначала в определенных, все возрастающих дозах, а в последние трое суток — в максимально переносимых количествах, которые подбирали индивидуально для каждого животного, в зависимости от его

состояния на данный момент. За время принудительного запоя крысы потребили 66—68 г спирта на кг. Это равносильно тому, как если бы человек массой 70 кг выпил за 6 дней около 4,7 л спирта или 11,7 л водки. Или коньяка.

После такого эксперимента 6—12% крыс погибли, а остальные мучились похмельем. Животным было явно плохо, описывать симптомы я не хочу. Но после коньяка похмелье мучило крыс меньше, чем после разбавленного спирта, а после виски — еще меньше. Но все равно мучило. Что касается воздействия напитков на печень и слизистую желудка, то оно оказалось примерно одинаковым.

Наркологи торжественно объявили, что после многодневного запоя похмелье с коньяка, а особенно с виски слабее, чем после разбавленного спирта, и предположили, что «минорные компоненты, присутствующие в коньяке и виски, препятствуют развитию физической зависимости от алкоголя».

Признаться, я не понимаю смысла подобных опытов. Во-первых, они, чего доброго, внушат кому-нибудь ложную мысль, что виски можно хлестать безнаказанно. Во-вторых, виски и коньяк исследователям предоставила некая компания, и, возможно, бизнесмены не скрыли от ученых своей заинтересованности в результатах эксперимента. (Я ничего не утверждаю, заметьте, и не называю ни имен, ни фирмы!) А в-третьих, по моим наблюдениям, вопрос о том, что пить, каждый человек решает сам, без оглядки на наркологов и крыс. Хорошо, хоть напитки животным давали качественные.

И позвольте заметить напоследок, что, беседуя с животными, надо соблюдать те же правила, что и в разговоре с людьми. Прежде чем спросить, хорошенько подумайте, зачем вам надо это знать и что вам могут ответить.



*В нашей новой рубрике «Вопросы — ответы», преемнике «Консультаций» из ранней «Химии и жизни», мы будем отвечать вам, уважаемые читатели. Спрашивайте обо всем, что вас интересует. И мы постараемся найти ответ.*

### Когда золото не золото?

*Я слышала, что если золото сильно измельчить, то оно перестанет быть золотом, то есть изменит свойства. Правда ли это? И если да, то почему это происходит?*

Е.Смирнова, Нижний Новгород

Это — правда, но только в том случае, если золото измельчено до очень маленьких частиц, диаметр которых измеряется нанометрами. Обычным механическим измельчением такого не добиться. У золота, измельченного до наночастиц, сильно меняются физические и химические свойства: изменяется цвет, температура плавления падает на сотни градусов, а реакционная способность резко возрастает, то есть металл перестает быть благородным.

Почему это происходит? Свойства благородного металла золоту придает объемная структура материала. Атомы металла располагаются в узлах гранцентрированной кубической кристаллической решетки, очень компактно, и цепко держатся друг за друга. Если у нас в руках золотой слиток или кольцо, кусочек самородного золота или мельчайшее вкрапление этого металла в горную породу, измеряемое миллиметрами, то

во всех случаях мы имеем дело с макрообъектом. Особенность металла в такой форме заключается в том, что подавляющее большинство атомов, более 99,9%, упрятаны под поверхность в объеме материала. И сила объемных связей столь велика, что не позволяет атомам на поверхности проявлять хоть какую-то активность. Поэтому для золота в такой макроформе тон задают объемные — благородные — свойства металла.

Если же мы начнем измельчать золото, переходя к наномасштабу, то картина начнет радикально меняться. В золотой частице диаметром 28,5 нм содержится  $4 \cdot 10^5$  атомов, причем на поверхности частицы располагаются уже 5,9% всех атомов. Если же мы возьмем частицу диаметром 0,9 нм, которая сложена всего из 13 атомов золота, то на поверхности окажутся 12, то есть практически все, 92,4%. Эти поверхностные частицы почти свободны и активны, их не удерживают объемные связи. Поверхностные атомы всегда обладают избыточной энергией по сравнению с объемными, заключенными в клетку из других атомов, и они "открыты" для взаимодействия с различными реагентами. Поэтому, когда доля поверхностных атомов ста-

новится значительной, как в наночастице, именно они начинают определять свойства вещества. Золото становится активным.

Наночастицы золота умеют получать специалисты в области коллоидной химии. Причем коллоидные растворы золота бывают пурпурными, фиолетовыми, розовыми, голубыми, зелеными, желтыми — в зависимости от размера наночастиц. Один из возможных химических способов — восстановление натриевой соли золотой кислоты формальдегидом:  $\text{NaAu}(\text{OH})_4 + \text{HCHO} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Au} + \text{HCOONa} + \text{H}_2\text{O}$ .

Есть и другие способы. Можно к раствору этилового спирта в воде добавить раствор  $\text{HAuCl}_4$  (золотохлористоводородной кислоты) в соляной кислоте. Если полученный раствор потихоньку приливать в колбу с кипящей дистиллированной водой, то в результате получится коллоидный раствор от розового до вишнево-красного цвета. Цвет зависит от концентрации золота в исходном растворе и размера наночастиц. Если же в полученную систему добавить несколько миллилитров раствора  $\text{HAuCl}_4$ , то цвет изменится на желто-зеленый.

Чтобы осадить частицы, можно воспользоваться методом высаливания — просто добавить в раствор обычную соль  $\text{NaCl}$ . Наночастицы золота немедленно осядут и тут же слипнутся, поскольку их поверхности очень активны и ничем не защищены.

### Медная защита

*Мои друзья посоветовали поменять в моем офисе все стальные дверные ручки на медные, чтобы сотрудники реже болели. Это разумная мера или очередная дань моде?*

С.Петухов, Киев

Мера разумная, потому что медь действительно обладает способностью убивать микроорганизмы. Впервые эту особенность обнаружил в конце XIX века известный немецкий ботаник Карл Вильгельм фон Негели, наблюдая за гибелью микроорганизмов в воде, в которой присутствовали ничтожные количества ионов меди и серебра. Медь действовала слабее, чем серебро, но вместе эти металлы усиливали свойство друг друга.

Интерес к меди и ее сплавам как к антимикробным средствам оживился в последние годы. И прежде всего —

в больницах, где происходит распространение различных, в том числе и внутрибольничных, инфекций. Они легко передаются через дверные ручки, выключатели, водопроводные краны — через все, чего касаются руки пациентов. Вот почему несколько лет назад во многих клиниках США пластиковые и стальные дверные ручки заменили на медные. На то были веские основания, добытые исследователями: на поверхности изделий из меди в течение двух часов погибает до 99% наиболее распространенных бактерий — стафилококк золотистый, аэробактер, кишечная палочка, синегнойная палочка и метциллинрезистентный золотистый стафилококк (MRSA).

А исследователи из Университета Саугемптона в Великобритании в эксперименте убедились, что медь смертельна не только для бактерий — уже через шесть часов на медной поверхности при комнатных условиях погибают 95% вирусов. Результаты исследований в разных лабораториях неодинаковы, но общий вывод таков: медь и некоторые ее сплавы убивают бактерии, грибковые и вирусные патогены в течение минут или часов ( см. "Химию и жизнь", 2009, № 9, с. 17).

Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) зарегистрировало поверхности из меди и ее сплавов, содержащих не менее 65% Cu, как противомикробное средство от тех пяти патогенов, которые перечислены выше. А это значит, что ручки в своем офисе вы можете сделать также из бронзы (сплав меди с оловом) или латуни (сплав меди с цинком).

## Заразная зевота

*Почему люди зевают? Это такая реакция на скуку? И почему зевота заразительна?*

К.Примаков, Петрозаводск

Мы зеваем, когда подступает сонливость. Частенько это случается на скучной монотонной лекции или в занудливой компании, когда предмет разговора неинтересен и наше убаюканное внимание ослабевает. Вот тут-то к нам и приходит зевота, задача которой — разбудить нас. Широко раскрывая рот и гортань, мы пускаем большую порцию воздуха в легкие, кислород попадает в кровь и взбадривает нас.

Сандра Амодт, доктор нейробиологии и главный редактор журнала «Nature Neuroscience», и Сэм Вонг, до-

цент нейробиологии и молекулярной биологии Принстонского университета, пишут в своей книге «Welcome to your brain», что зевота встречается у всех млекопитающих и самых разных позвоночных. Зевают даже младенцы в утробе матери. У приматов зевки связаны с напряженной ситуацией и потенциальной угрозой. Поэтому зевоту можно рассматривать как попытку вашего тела достигнуть самого высокого уровня бдительности в требующих того ситуациях.

Зевота действительно заразительна, это знает каждый. Порой даже мысль о зевоте или вид зевающего человека заставляют наш рот растягиваться во всю ширь. Причина этого и механизм неизвестны. Хотя есть гипотеза, что такая цепная реакция — это способ передачи сигнала о потребности повышенного внимания. Интересно, что шимпанзе и другие обезьяны реагируют на вид зевоты, как люди — тут же начинают зевать. А вот млекопитающие, не относящиеся к приматам, к виду зевоты равнодушны. Хотя и они распознают зевоту. Например, собаки зевают в ответ на стрессовые ситуации и, как полагают исследователи, тем самым успокаивают других. Вы тоже можете иногда успокаивать свою собаку, зевая.

## Киношная кровь

*Расскажите, пожалуйста, как в кино делают искусственную кровь, чтобы показать ее на экране, когда кого-то ранят.*

Кирилл Сафонов, 5 класс, Тула

В кино часто, а в последнее время, к сожалению, особенно часто, имитируют кровь клюквенным или свекольным соком. Но бывают ситуации, когда клюквой не обойтись. В триллерах, боевиках и приключенческих фильмах герои режут и ранят друг друга ножами, мечами и прочими неприятными предметами. И мы всегда верим этому, потому что из раны на наших глазах выступает кровь. Помните, как это эффектно выглядит в приключенческом фильме «Ягуар»? Один из главных героев Компана в исполнении Жана Рено проводит ножом по груди, якобы разрезая кожу, и действительно из «раны» выступает кровь. Понятно, что актер не увечил себя по воле режиссера. Кстати, это заметно из дальнейших кадров, в которых ясно видно, что не осталось и следа от раны на груди героя. Так откуда же взялась кровь?



## ВОПРОСЫ-ОТВЕТЫ

Это обычный химический трюк, который вы можете сами легко повторить. Для этого надо сделать компоненты будущей «крови». В одном стакане приготовьте 100 мл слабожелтого (3-4%-ного) раствора хлорида железа (III), а в другом — столько же 3-4%-ного раствора роданида калия или аммония.

А теперь главное — нож! Это должен быть не просто нож, а тупой нож, чтобы случайно действительно не порезаться. Ваткой, смоченной раствором хлорида железа (III), протрите ладонь, или запястье, или предплечье. Нож смочите раствором роданида калия. При этом надо постараться, чтобы на ноже и на ладони осталось как можно больше соответствующих растворов. А теперь — мотор! Проводим ножом по руке там, где смазали раствором, и из «раны» начинает капать «кровь» на пол и брюки. Остается скорчить гримасу, закатить глаза и застонать для пущей убедительности. Вот так и делают в кино.

Потом, когда дубль снят, гример подходит к актеру и белой салфеткой стирает «кровь» с ладони. Наша кровь — это не что иное, как обычная соль роданида железа, раствор которой действительно кровавого цвета. Мы знаем, что отстирать кровь, или клюквенный сок, или следы свеклы не так-то просто, если нет под рукой соответствующего стирального порошка. И это хорошо, иначе как бы наши сыщики искали настоящих убийц. Но в данном случае мы без него (без порошка и отбеливателя) обойдемся. И сейчас — фокус № 2. Берем тряпочку, измазанную нашей «кровью», опускаем ее в раствор фторида калия (натрия) и... Как видите, салфетка чистая! Попробуйте сами объяснить, что же здесь произошло, почему кровь обесцветилась. И напишите нам о своих рассуждениях.



## Восемьдесят удивительных экспериментов...

Уже по названию видно, что книгу написал американец: кого еще можно заинтриговать проблемой извлечения кетчупа из бутылки? А для российского читателя на обложке, хоть и мелкими буквами, сообщается: «Отдельная глава посвящена экспериментам со спиртными напитками», причем последние четыре слова выделены красным цветом. И лицемерно добавлено: «только для взрослых». Кстати, под нелепым заголовком «Пьешь только дважды» в этой главе приведен опыт по приготовлению коктейля из мартини по рецепту Джеймса Бонда. Почему-то американцев очень занимает этот коктейль. Заодно разоблачается одна из голливудских выдумок — глушитель неправдоподобной конструкции, показанный в каком-то фильме бондианы. Книга создана на материалах журнала «New Scientist» и раздела «hamster» на сайте [www.newscientist.com](http://www.newscientist.com). В знак преемственности на каждой странице книги изображен этот самый хамстер (то есть хомячок), спускающийся на парашюте в какую-то кучу сыпучего вещества. Да и название оригинального американского издания — «How to Fossilise Your Hamster», и в одной из глав приводятся рассуждения о том, что следовало бы сделать, чтобы усопший (вероятно, вследствие неудачного прыжка с парашютом) хомячок стал окаменелостью. Впрочем, никакой практической пользы из них извлечь нельзя. Но становится понятно, что хомячков американцы любят не меньше, чем Джеймса Бонда.

Разоблачением Бонда Мик О'Хэйр не ограничивается. Оказывается, на уроках химии в седьмом или восьмом классе учитель тоже злостно дурил нашего брата, объясняя результаты опыта по горению свечи, накрытой стеклянным колпаком. Если помните, свечка плавала в воде под колпаком. Когда кислород заканчивался, свечка гасла, а немного погодя уровень воды под колпаком повышался (судя по шкале на стенке колпака, на 1/5). И коварный учитель утверждал, что этот опыт доказывает состав воздуха. Мол, вода заняла место израсходо-

ванного кислорода. Так знайте же, если сами раньше не догадывались, что, во-первых, свеча расходует не весь кислород под колпаком. Горение прекращается, когда содержание кислорода в воздухе снижается. Во-вторых, взамен израсходованного кислорода вырабатывается углекислый газ и пары воды. Правда, вода затем конденсируется, а углекислый газ отчасти растворяется, да и вообще его образовалось раза в полтора меньше, чем было затрачено кислорода. Но все равно уменьшилось на 1/5 объем воздуха не должен. Отчего же так заметно повышается уровень воды под колпаком? В книге Мика О'Хэйра приведены и объяснения, и экспериментальные доказательства.

Еще один впечатляющий опыт — определение скорости света с помощью плитки шоколада и микроволновой печи. Простота и убедительность его изумляют. В книге приводятся известные из повседневной жизни факты и объясняется их физическая подоплека. Так, хлеб, смазанный медом, через некоторое время под слоем меда затвердевает (так и чувствуешь языком сладкую корочку!). А виноват в этом осмос. Есть и другие опыты, демонстрирующие осмотические явления. Например, описываются метаморфозы яйца, сначала опущенного в раствор уксуса, а затем в сахарный сироп. Соответственно, после растворения скорлупы яйцо разбухает от поступающей из раствора через пленку воды, а затем сжимается от убывания воды из яйца в насыщенный сахарный раствор.

Но вот как раз с объяснениями в книге не все ладно. Некоторые фразы, каждое слово в которых понятно по отдельности, в целом вызывают гнетущее ощущение полной бессмыслицы. Например, как понять такое: «Шероховатое дно чашки создает больше давления, чем стенки, поскольку жидкость вращается параллельно поверхности дна»? У всех, кому была зачитана эта фраза, тут же возник вопрос: «Давление на что?». Ответа на этот вопрос в тексте нет. Или вот еще: «Кроме того, снижение температуры замерзания сокращает перепад температур жидкости и окружающей среды, и теплопотери замедляются». Если думаете, что фраза вырвана из контекста и потому непонятна, то вот предшествующая: «По мере увеличения их [солей] концентрации в воде, которая еще не успела замерзнуть, температура замерзания снижается — то же самое происходит, когда зимой дороги посыпают солью».

**Мик О'Хэйр.**

«Как вытряхнуть кетчуп из бутылки»  
Москва,  
«Издательство «Добрая книга»,  
2010 год

Следовательно, воде требуется сначала остыть, и только после этого она сможет замерзнуть». Но разве второе не очевидно? И разве второе является следствием первого — описанного строкой выше явления, количественное выражение которого называется законом Рауля?

Читая подобное, начинаешь подозревать, что твои познания в физике слишком ничтожны, чтобы вникнуть в суть высоконаучных объяснений. Но смысла многих фраз не смог постичь даже физик-профессионал. А в той части, что имеет отношение к химии, мы и сами можем разобраться. Вот образец: «При нагревании воды происходит осаждение растворов кальция и магния бикарбоната». Налицо безграмотный перевод. И осаждается не раствор, а растворенные вещества. И названия этих веществ скалькированы с английского языка без учета традиций современной систематической номенклатуры, согласно которым их следовало бы назвать гидрокарбонатами. А вот про углекислый газ, растворяющийся в воде: «Он соединяется с молекулами (!) кислорода и водорода в воде...». Или вот: «Жиры и белки тают под действием силы тяжести, образуя капли...». Может, я и плохо знаю физику, но тот, кто написал ТАКОЕ, знает ее гораздо хуже! Напрасно издательство «Добрая книга» экономит на научном редакторе!

Так стоит ли покупать эту отнюдь не дешевую книгу? Физик-профессионал, выступивший экспертом по научной части, высказал мнение, что она может быть вредной для школьника. Начнет читать, ничего не поймет (и немудрено!) и решит, что слишком глуп и необразован. Но ведь и описанные в книге опыты, и затронутые проблемы так интересны! Поэтому оптимальный вариант — работать с этой книгой под руководством человека, компетентного в физике. Например, в школьной физическом кружке или вместе с папой-(мамой)-технарем.



## ...и сто увлекательных опытов

Вот он, закон парности случаев: не успела еще прочитать американскую книгу Мика О'Хэйра с подзаголовком «80 удивительных экспериментов для взрослых и детей!», как в руки попадает отечественное издание на ту же тему — книга А.С.Дмитриева «Как понять сложные законы физики. 100 простых и увлекательных опытов для детей и их родителей». Особенно радует, что это не просто одиночный выстрел, а первая книга серии «Физика — это интересно!» издательства «Этерна».

Сравнение двух книг напрашивается, и определено в пользу издания «Этерны». Начнем с оформления. Бьющая в глаза пестрота и глянец полумяжкой обложки («Как вытряхнуть кetchup...») — и сдержанное достоинство стильного переплета («Как понять сложные законы физики...»). Для привлечения внимания издатели первой книги вынесли на обложку затронутые в ней вопросы. Взгляд скользит по частоклолу разноцветных букв, не фокусируясь, — защитная реакция на перенасыщение информацией. В издании «Этерны» те же вопросы перенесены на форзац, набраны внятным шрифтом в два цвета поочередно на охряном фоне и привлекают внимание, не раздражая. Респект автору оформления Александру Архутику — более красивая научно-популярная книга мне не встречалась.

Перейдем к содержанию. Обе книги имеют сходную структуру: описание и объяснение несложных физических опытов. В каждой из книг уделено особое внимание безопасности при проведении эксперимента. Специального оборудования опыты не требуют, а перечень необходимых и очень доступных веществ и предметов предваряет описание экспе-

римента. Некоторые из опытов встречаются в обеих книгах — физика, она и в Америке физика! Из предисловий понятно, что у авторов несколько разные цели. Мик О'Хэйр и «New Scientist» предлагают поиграть в науку («Прочитав эту книгу, вы поймете, как экспериментальным путем развивается большая наука»), а Александр Дмитриев хочет, чтобы физика помогла и ребенку, и взрослому понять, как устроен окружающий мир («Все это может понять и запомнить даже пятилетний ребенок. Просто надо ему рассказать доходчиво»). Еще одна задача, которую специально формулирует «наш» автор, — дать материал для совместного (и полезного) досуга родителей с детьми: «Ведь наука наукой, а главное — радость общения с близкими людьми и друзьями». Американец даже не сомневается, что дети будут проводить опыты под руководством родителей. Но если в книге Мика О'Хэйра ребенок без помощи взрослого и не разберется, то тексты Александра Дмитриева написаны, как он и обещал, доходчиво и понятно. Порядок действий описан детально. Например: «Газета очень важна в нашем эксперименте. Ее надо положить на стол (предварительно сняв со стола скатерть). Если этого не сделать, то обязательно стол будет залаян зеленой и мама отберет у вас эту замечательную книгу». (Все же не очень верит А. Дмитриев в совместное проведение опытов всей семьей!). И дальше, по окончании опыта: «Теперь можно спичку выкинуть в помойное ведро, а ложку и блюдце — помыть под струей холодной воды с мылом. Надо только помнить, что зеленка — сильнейший краситель и мыть все надо быстро, а то закрасите раковину». Такое, казалось бы, излишне подробное описание очень важно для юного экспериментатора, не имеющего пока практического опыта. И, кстати, приучает содержать рабочее место в порядке.

Помимо подробного описания, многие опыты проиллюстрированы фотографиями и четкими схемами, в то время как у О'Хэйра — унылые картинки, нарисованные компьютером (правда, хомячок с парашютом симпатичный, хотя и мелкий). Но главное достоинство книги Александра Дмитриева заключается в понятных и доступных объяснениях наблюдаемых явлений. Вот, к примеру, проблема, которая рассматривается в обеих книгах. Мик О'Хэйр рассказывает о ней под туманным заголовком «Власть цве-

тов», а Александр Дмитриев без эквивалентов ставит вопрос: «Как дерево пьет?». В книге О'Хэйра предлагается поставить белые цветы в подкрашенную воду и наблюдать подъем цветной жидкости по стеблю до лепестков. Приведены «богатые» слова «транспирация» и «ксилема», упомянуто, что большое дерево за день вытягивает из почвы до 500 л воды «под действием корневого давления, проталкивающего воду вверх по ксилеме». Вот и все объяснение. Что такое «корневое давление», не говорится. Можно подумывать, что в корни растений вмонтирован специальный насос. Для опыта же, описанного А.Дмитриевым, не нужны ни лилии, ни стебель сельдерея, а только спичка и зеленка (хотя опыт с лилией, без сомнения, более эффектен). Понятно, что механизмы движения жидкости по живой и мертвой древесине различаются, но капиллярные эффекты присутствуют в обоих случаях. Вот об этих капиллярных силах А.Дмитриев рассказывает обстоятельно: «Мы доказали нашим опытом, что дерево, даже мертвое, способно поднимать жидкости на определенную высоту. Оказывается, есть особые силы, которые заставляют жидкость подниматься вверх по узкой трубочке или щелке в материале». А дальше кратко и доходчиво формулируются законы, которым подчиняется это явление, приводятся примеры. Разумеется, ничего не говорится о причинах капиллярных явлений — все-таки это не учебник физики. Но общее правило сформулировано, и можно им пользоваться в дальнейшей жизни.

Не стану описывать остальные 99 опытов из книги Александра Дмитриева, среди которых смерч в ванне, поющий бокал, секундомер из веревки, свистящая трава, как носить воду в решете, прирученная молния, телескоп из очков и многое другое. Скажу только, что все они просты в исполнении, связаны с хорошо известными явлениями и побуждают задуматься о причинах этих явлений. Читая книгу, вы вступаете в беседу с умным, доброжелательным товарищем, который не инструктирует, а делится опытом. Вот как заканчивается глава «Суп из карандаша», в которой описывается опыт по изготовлению гнутой древесины: «Когда я пришел на работу и стал писать таким карандашом, все спрашивали у меня, как это возможно? И очень удивлялись. А я всем говорил, что тренирую свою силу мысли и гну карандаши взглядом. Как в фильме «Матрица» мальчик гнул ложки. Если вы сделаете себе такой гнутый карандаш, можно будет здорово повеселиться».

Хотя бы один экземпляр этой классной книги должен иметься в каждой школьной библиотеке и кабинете физики. Но тираж всего три тысячи. Торопитесь приобрести!

### А.С.Дмитриев.

Как понять сложные законы физики. 100 простых и увлекательных опытов для детей и их родителей. Москва, «Издательство «Этерна», 2009 год



Е.Лясота





Как создается человеческое тело? Как мы становимся теми, кто мы есть? Почему мы такие разные? Что делает физическую красоту столь замечательной и позволяет ей захватывать нас врасплох? К ответам на эти сокровенные вопросы приближает нас британский биолог Арман Мари Леруа в своей книге «Мутанты». Автор находит самый прямой путь к разгадке — через мутации и мутантов, через истории знаменитых «уродцев». «Мутации — это игра случая, в которую играем все мы — и все проигрываем. Причем некоторые из нас проигрывают больше, чем другие», — пишет автор, тем самым давая понять, что все мы, читатели, в той или иной мере мутанты.

Это издание стало событием в мире научно-популярной литературы начала XXI века. В России книгу «Мутанты» на русском языке выпустило в свет издательство «Астрель» при поддержке фонда «Династия» в декабре 2009 года. Книга Леруа открывает новую серию «Элементы» — собрание лучших образцов мировой научно-популярной литературы последнего десятилетия, отобранных для перевода на русский язык экспертами фонда «Династия». В этом выпуске журнала мы публикуем с сокращениями вступительную главу из книги «Мутанты» в переводе доктора биологических наук Е. Годиной. Надеемся, что вам захочется найти книгу в одном из книжных магазинов или Интернете и прочитать ее целиком. Она стоит того.

# Мутанты

Арман Мари Леруа

*«Мы узнали, что в Равенне родилось чудовище, изображение которого прислали сюда: на голове у него торчит рог — прямой, как меч, вместо рук — два крыла, как у летучей мыши, на уровне груди с одной стороны рубец в виде буквы Y, с другой — крест, а ниже, у талии, — две змеи. Это гермафродит, на правом колене у него глаз, а левая ступня — как у орла. Я видел, как его рисовали, и всякий, кто пожелает, может посмотреть на этот рисунок во Флоренции».*

Так писал в своем дневнике флорентийский аптекарь по имени Лука Ландуччи. Шел март 1512 года, и у Ландуччи было о чем поведать. Северная Италия объята войной. Максимилиан, император германский, и Людовик XII, король французский, заняты борьбой с испанцами, англичанами и папой Юлием II за контроль над Венецианской республикой. Разоряя город за городом, армии пересекают страну. Равенна пала через восемнадцать дней после рождения чудовища. «Стало ясно, — писал Ландуччи, — какое зло принес им этот монстр! Как будто великие несчастья всегда обрушиваются на город, когда рождаются такие существа».

Ландуччи в действительности никогда не видел монстра. Того уморили голодом по приказу Юлиуса II, и рассказ Ландуччи основан на зарисовке, выставленной на публичное обозрение во Флоренции. Это изображение было первым из многих, следовавших за ним. Оттиски и гравюры разнесли весть о чудовище по всей Европе, и по мере их распространения монстр обретал новую, посмер-

тную жизнь. Покидая Равенну, он стоял на двух ногах, но, прибыв в Париж, остался при одной. На некоторых оттисках у него крылья летучей мыши, на других — они больше похожи на птичьи. Его изображали то с гениталиями гермафродита, то с одним большим эрегированным членом <...>

По мере того как монстр путешествовал и видоизменялся, легенда о нем обретала все более сложные оттенки и скрытые смыслы. Итальянцы усмотрели в нем предзнаменование ужасов войны. Французы, затратив больше аналитических усилий, истолковали изображение как ряд символов: рог — это гордыня, крылья — легкомыслие и непостоянство, отсутствие рук — недостаток добрых дел, лапа хищной птицы — ненасытность, уродливые половые органы — содомия, — иначе говоря, перечислили все известные итальянские пороки. По словам одних, монстр родился у почтенной замужней женщины; другие утверждали, что это был плод греховной связи между монахиней и монахом. Из-за множества аллегорий трудно распознать, кем же в действительности был монстр. Вероятнее всего, это был просто ребенок, родившийся с тяжелым, редким, но отнюдь не загадочным генетическим расстройством. Можно даже рискнуть и высказать предположение, что у него был синдром Робертса, уродство, встречающееся у детей — носителей исключительно вредоносной мутации. Это, по крайней мере, объясняет аномалии конечностей и половых органов, а также, возможно, появление двух змей на талии и лишнего глаза на колене.

**В** XVI и XVII веках уроды встречались повсюду. Правители коллекционировали их, натуралисты каталогизировали, теологи использовали для религиозной пропаганды. Ученые мужи рисовали карты их распространения и включали пассажи об их значении в красиво иллюстрированные книги. В Германии Конрад Ликосфен выпустил в свет «Книгу о чудесах и знамениях» (1557 год; позднее она была переведена на английский язык под названием «Ужасы, зовущие людей на Страшный суд»); во Франции вышли книги Пьера Бозэстю «Чудесные истории» (1560—1582) и Амбруаза Паре «О монстрах и диковинках» (1573). Чуть позже итальянцы ответили книгами Фортунно Лицети «О происхождении, природе и разновидностях уродов» (1616) и Улиссе Альдрованди «История монстров» (1642).

В эпоху, когда религиозные чувства доходили до фанатизма, уродство часто воспринималось как знак божественного недовольства или по меньшей мере предвестие какого-нибудь неприятного события в ближайшем будущем. «Чудесные истории» Бозэстю, особенно изобилующие демоническими созданиями, содержат прекрасное описание не только несчастного Равеннского монстра, но также и Краковского монстра — непостижимо изуродованного ребенка, который, по-видимому, появился на свет в 1540 году с головами лающих псов на локтях, груди и коленях и скончался четыре часа спустя, провозгласив: «Всевышний идет». Аллегория была состязанием, в котором преуспевали протестантские схоласты. В 1523 году Мартин Лютер и Филипп Меланхтон опубликовали памфлет, где описывались родившийся во Фрейбурге урод, «полумонах-полутеленок», и другое существо, возможно человеческой природы, выловленное в реке Тибр. Оба они интерпретировались авторами в весьма едких выражениях как символы упадка римской церкви. Католики ответили на вызов, найдя в «теленке» сходство с Лютером.

К концу XVI века объяснения становятся более научнообразными. В книге «О монстрах» парижский хирург Амбруаз Паре перечислил возможные причины уродств. Под первым номером значился «гнев Божий». Однако распространялся он в основном на людей, которые совершали половой акт с животными (производя тем самым на свет помесь человека с лошадьми, козами, собаками, овцами). <...> Лютеровский «полумонах-полутеленок» также фигурирует в «Монстрах», но

без антипапских обличий. Вместо этого он представлен как монстр «воображения», то есть появившийся под влиянием материнских впечатлений. Эта точка зрения, преобладавшая во времена Паре и сохранившаяся вплоть до конца XIX века, состояла в том, что беременная женщина, глядя на безобразные вещи, может сделать уродом собственного ребенка. Подобно большинству других причин возникновения уродств, которые предлагает Паре (слишком много или слишком мало семени, узкая матка, непристойная поза), теория материнских впечатлений попросту неверна. Но ее, по крайней мере, можно назвать рациональной — в том смысле, что она не апеллирует к сверхъестественным силам. Тем самым в «Монстрах» высказывается новая идея: причины уродства следует искать в природе. <...>

**В** те же десятилетия, на которые пришлось гражданская война, разорвавшая Англию XVII века, произошло открытие мира природы, столь свежее и прозрачное, какого, кажется, с тех пор не бывало. Энергичная проза решительно отметала обломки интеллектуального наследия древности, а простые эксперименты могли показать новую красоту природы. В Норфолке врач и эрудит сэр Томас Браун опубликовал свой труд «Лженаука суеверий, или Исследование многих общепринятых заблуждений и всеми допускаемых истин» (1646). В этой странной и малоизвестной книге он рассматривает множество популярных предрассудков — перья мертвого зимородка всегда указывают, откуда дует ветер; ноги у барсука с одной стороны короче, чем с другой; негры черны, ибо прокляты; до потопы и в самом деле не было радуги, — и приходит к выводу, что все это неправда. В другом труде, «Религия медика» (1642), он упоминает и монстров. Не существует, пишет он, «безобразного вне уродства; но, невзирая на это, в нем есть своя красота. Природа так искусно изобретает неверные части, что они подчас становятся более замечательными, чем основное Изделие». Это не есть в точности декларация научного натурализма, поскольку Браун видит в произведениях природы — в любом из них, даже в самом уродливом — труды Господа, а коль скоро они сотворены Богом, то не могут быть гадкими. Эти прекрасные слова — призыв к милосердию в век нетерпимости.

В Оксфорде Уильям Гарвей, триумфально продемонстрировавший циркуляцию крови в организме, попытался решить проблему зарождения и развития животных. В 1642 году, присягнув королю, Гарвей удалился от тревог гражданской войны, занявшись изучением куриных эмбрионов, для чего использовал яйца наседки. <...> Итальянцы Альдрованди и Фабрициус уже проводили сходные исследования, причем Альдрованди занялся ими впервые после Аристотеля. Однако планы Гарвея шли гораздо дальше. Карл I очень любил охотиться на благородных оленей, которые водились и по сей день водятся в королевских парках Англии. Король позволил Гарвею препарировать убитых оленей. Гарвей месяц за месяцем следил за развитием эмбрионов оленя и оставил одно из самых прекрасных описаний зародыша млекопитающих среди всех когда-либо написанных. «Уже давно я видел плод, — писал он, — размером с гороховый стручок, вырезанный из матки оленя, который был полностью сформирован во всех своих частях, и я показывал его королю и королеве. Он плавал, балансировал и достигал совершенства в такой белой, абсолютно прозрачной и кристально чистой жидкости (как будто ее хранили в наичистейшем стеклянном сосуде), объемом с голубиное яйцо, где он помещался в своей собственной оболочке». Король, по всей видимости, следил за опытами Гарвея с большим интересом. Горько думать, что после казни Карла I Англия потеряла монарха, столь благосклонно относившегося к экспериментальной эмбриологии — случай, который едва ли скоро повторится в истории.



На фронтисписе эмбриологического трактата Гарвея «О рождении животных» (1651) изображен всемогущий Зевс, сидящий на орле и держащий в руке яйцо, из которого появляется все живое. На яйце начертан девиз: «Ex Ovo Omnia» — «Все из яйца». Именно благодаря утверждению, что пути развития млекопитающих, кур, а также всех остальных существ похожи, труд Гарвея остается известным и поныне, хотя сам ученый никогда не использовал этот девиз и не пытался доказать, что он верен. У Гарвея было что сказать и по поводу рождения уродов. Он вспоминает и выносит на обсуждение мысль Аристотеля о том, что цыплята-монстры появляются из яиц с двумя желтками. Казалось бы, не слишком большое достижение. Однако то было выражение идеи, забытой на два тысячелетия: причины уродств — не повод для досужих спекуляций, коими занимались Паре и Лицети, а проблема, поддающаяся экспериментальной трактовке.

Однако установить истинное значение уродства для науки смог современник Гарвея, который и сделал это с предельной четкостью. Речь идет о Фрэнсисе Бэконе, занимавшем какое-то время пост лорд-канцлера. Нам он известен своей репутацией самого хладнокровного интеллектуала. Его задачей было установить принципы, по которым должно происходить научное познание мира природы. В своем труде 1620 года «Новый органон» Бэкон начинает классифицировать естественную историю. Существует, говорит он, три типа естественной истории, которые «имеют дело либо со Свободой природы, либо с Ошибками природы, либо с Узами природы; так что мы можем правильно разделить на историю Рождений, историю Необыкновенных рождений и историю Художеств, причем последние мы также часто именуем Механическим и Экспериментальным Художеством». Другими словами, естественную историю можно разделить на изучение нормальной природы, природы с отклонениями и природы, которая находится под воздействием человека. Бэкон продолжает свой рассказ, чтобы поведать нам, как приступить ко второй части его программы: «Мы должны создать коллекцию или специальную естественную историю всех уродов и чудесных произведений природы, куда войдет каждое новшество, раритет или аномалия». Конечно, Бэкон заинтересован в коллекционировании отклонений не ради них самих, а чтобы понять причины их своеобразия. Он не говорит о том, как познать эти причины, — он попросту верит, что однажды наука найдет способ это сделать.

Совет Бэкона о коллекционировании «уродов и чудесных произведений» вряд ли удивил бы его современников. Правители вроде Рудольфа II и Фердинанда II Австрийских собирали коллекции чудес с середины XVI века. Натуралисты также не оставляли это занятие без внимания: Улиссе Альдрованди собрал не менее 18 тысяч экспонатов в своем музее в Болонье. Идея Бэкона о том, что причины всяких странностей заслуживают изучения, была вполне традиционна. Глубина его мысли становится очевидной, когда он переходит к вопросу о том, почему мы должны изучать причины аномалий. Бэкон не просто врач с узкими медицинскими интересами. Он философ, желающий познать природу вещей. Главный пассаж предельно четок и ясен. Мы должны, говорит он, изучать случаи отклонения от нормы, «ибо, когда природа будет познана в своих вариациях и причины их станут ясны, будет нетрудно искусством добиться от природы того, чего она достигает случайно». На столетия опередив свое время, Бэкон признает, что поиск причин ошибок не есть самоцель, но, скорее, всего лишь средство. Уродливое, странное, отклоняющееся или просто иное, по его словам, открывает законы природы. И когда мы узнаем эти законы, мы сможем реконструировать мир по своему желанию.



В каком-то смысле эта книга есть промежуточный отчет по проекту Бэкона. Она не столько о человеческом теле, каким мы бы хотели его видеть, сколько о том, какое оно есть — с обилием вариаций и ошибок. Некоторые из этих вариаций — обычные различия, которые придают каждому из нас уникальное сочетание черт и являются тем самым причиной нашего обаяния. Другие относятся к числу простых неудобств, которые занимают промежуточное положение между нормой и патологией. Есть и такие, которые возникают в результате явных ошибок развития. Они ухудшают, иногда трагически, жизнь тех, кто обладает ими, а порой просто убивают их в раннем детстве. На самом краю спектра находятся уродства столь тяжелые, что их носителей с трудом можно принять за людей.

Наказ Бэкона, что нам следует коллекционировать такие случаи, которые он именует «необыкновенными рождениями», может показаться неприятным. Наша нарочитая, нередко показная любовь к человеческому разнообразию быстро иссякает, когда разнообразие переходит в уродство. Стремясь искать, наблюдать и, пусть в меньшей степени, обсуждать уродства, мы ощущаем дискомфорт от того, что рискуем впасть в наивное изумление (чтобы не сказать больше — порочное любопытство), жестокосердое глумление или, в лучшем случае, обрести вкус к бездумному собирательству. Этот наказ напоминает о королевских зверинцах, цирке П.Т.Барнума, фильме Тода Браунинга «Уродцы» (1932) и вообще о подвалах музеев, в которых пылятся экспонаты, созданные, по-видимому, для менее впечатлительных наших предков.

Тем не менее деятельность нельзя смешивать с целью. То, что для Бэкона было «монстрами» и «необыкновенными рождениями», для нас — всего лишь часть разнообразия человеческих форм. За прошедшие двадцать лет это разнообразие, как никогда раньше, обследовалось и изучалось. В разных странах ученые выявляли людей, в той или иной степени отличающихся от обычных по своим физиологическим или внешним особенностям. Составлялись их списки, накапливались фотографии, выяснялись родословные. Таких людей находили в Ботсване и Бразилии, Балтиморе и Берлине. У них брали образцы крови и отправляли в лаборатории для анализов. Их биографии, анонимные и сведенные к простым биологическим фактам, публиковались в научных журналах. Они стали, вряд ли о том догадываясь, исходным материалом для грандиозного биомедицинского предприятия, возможно, величайшего в наш век, в котором совместно трудятся десятки тысяч ученых и которое имеет целью не что иное, как разъяснение законов развития человеческого организма.

Большая часть этих людей имеет мутации, то есть дефекты некоторых генов. Они происходят из-за ошибок в механизмах копирования или репарации ДНК. Ко времени написания этой книги мутации, заставляющие некоторых из нас выглядеть, чувствовать или вести себя не так, как большинство других людей, обнаружены в тысяче с лишним генов. Некоторые из них уничтожают или, наоборот, добавляют к уже имеющимся целые куски хромосом. Другие поражают всего лишь один нуклеотид — неделимую структурную единицу ДНК. Однако физическая при-

рода и степень мутации не так важны, как ее последствия. Наследственные заболевания вызываются мутациями, которые изменяют генную последовательность ДНК, так что кодируемый ею белок приобретает иные, часто дефектные формы или вовсе не продуцируется. Они меняют *смысл* генов.

Изменение значения одного гена может иметь далеко идущие последствия для генетической грамматики организма. Существует мутация, которая сделает вас рыжеволосым и толстым. Другая вызовет частичный альбинизм, глухоту и неизбежные запоры. Еще одна снабдит вас короткими пальцами на руках и ногах и неправильно сформированными гениталиями. Меняя смысл генов, мутации подсказывают нам, какую роль изначально играли эти гены в организме. В совокупности они представляют собой Розеттский камень (каменная плита, найденная в 1799 году в Египте и давшая ключ к расшифровке древнеегипетских иероглифов. — *Примеч. ред.*), позволяющий выявить скрытое значение генов. Их можно уподобить скальпелю, который врезается в структуру генетической грамматики и обнажает ее логику.

Для интерпретации значения мутаций потребуются использование обратной логики (контрлогики), которая прежде всего противоположна интуиции. Если из-за мутации ребенок рождается без рук, то, хотя и соблазнительно представить себе «ген безрукости», такая мутация в действительности свидетельствует о гене, помогающем обеспечить наличие рук у большинства людей. Это происходит потому, что большинство мутаций уничтожают смысл. На языке генетики это — мутации утраты функций. Незначительная часть мутаций добавляет смысл и называется мутациями приобретения функций. При интерпретации значения мутации важно понять, с которой из них мы имеем дело. Один из способов состоит в том, чтобы узнать, как они наследуются. Мутации утраты функций, как правило, рецессивны: они поражают организм ребенка только тогда, когда он наследует дефектные гены от обоих родителей. Мутации приобретения функций тяготеют к доминантности: для проявления должного эффекта ребенку нужна только одна копия гена. Хотя это разграничение нельзя считать окончательным (некоторые доминантно наследуемые мутации приводят к утрате функций), оно дает хорошую изначальную ориентацию. Обретая или теряя, оба вида мутаций рассказывают нечто о функции поражаемых ими генов и тем самым объясняют небольшую часть генетической грамматики. Мутации позволяют деконструировать тело.

**К**то же такие мутанты, в конце-то концов? Сказать, что последовательность данного гена имеет «мутацию», или назвать носителя подобного гена «мутантом» значит дать довольно-таки обидную характеристику, которая подразумевает по меньшей мере отклонение от некоего совершенного идеала. И все же люди отличаются друг от друга великим множеством особенностей, и эти различия хотя бы отчасти наследуются. Кто из нас обладает геномом геномов, тем самым, по сравнению с которым будут оцениваться все другие геномы?

На этот вопрос можно дать краткий ответ: никто. Конечно, тот самый геном человека, последовательность которого была опубликована в журнале «*Найчур*» 15 февраля 2001 года, нельзя считать стандартом. Он представляет собой всего лишь комбинацию геномов неизвестного количества неизвестных людей. Как таковой, он особо не претендует на соответствие норме или совершенству (равно как и ученые, которые поддерживали и претворяли в жизнь этот великий проект, никогда не выдвигали подобных претензий). Случайность ни в малейшей степени не уменьшает ценности данной геномной последовательности. В конце концов, геномы любых двух людей идентичны на 99,9 процента, так что нуклеотидная последовательность любого из нас говорит практически все обо всех. С другой стороны, протяженность генома почти в 3 миллиарда пар оснований предпола-

ет существование различий между любыми двумя людьми в несколько миллионов пар оснований. Эти-то различия и представляют для нас особый интерес.

Если идеального или нормального генома не существует, то сможем ли мы найти эти качества у отдельно взятого гена? Возможно. Все наши 30 тысяч генов показывают, по крайней мере, некоторое разнообразие. До самого последнего поколения жителей Земли в каждой паре оснований генома человека мутации происходили в среднем 240 раз. Не все из этих мутаций меняли смысл генов или вообще затрагивали их. Некоторые вносили в обширные участки генома изменения, казалось бы лишённые смысла. Эти области, не содержащие генов, которые воздействовали бы на грамматическую структуру организма, вновь и вновь подвергаются мутациям. Скальпель делает свое дело, но без последствий для тела или разума человека. Другие мутации поражают кодирующие области генов, фактически не изменяя последовательности кодируемых ими белков. Они также хранят молчание.

Из всех мутаций, меняющих смысл генов, небольшая их часть окажется выгодной для организма, и с течением времени эти мутации станут более частыми. На самом деле настолько частыми, что будет едва ли справедливо вообще именовать их мутациями. Вместо этого мы называем их вариантами, или, более научно, аллельными формами генов (полиморфизмами). В Африке частота аллеля ?32 гена CCR5 в настоящее время увеличивается, поскольку он способствует резистентности организма к вирусу иммунодефицита человека и соответственно к СПИДу. Это новое явление, однако многие полиморфные гены приобретены в древности. Они — тот материал, на котором основывается разнообразие человечества. Они дают нам различия в цвете кожи, росте, весе и чертах лица; они также наверняка определяют, хотя бы и отчасти, наши различия в темпераменте, интеллекте, вредных привычках. Они могут вызывать болезни, но по большей части — болезни пожилого возраста, такие, как старческое слабоумие или инфаркт.

Насколько распространенной должна быть мутация, прежде чем стать полиморфизмом? Ответ на этот вопрос в достаточной мере произволен, но считается, что если измененная последовательность встречается с глобальной частотой в один процент или более, то она не могла причинять ранее большого вреда, а, напротив, могла быть даже выгодной для своих носителей. Согласно этому критерию, по крайней мере один полиморфный участок обнаруживается примерно в 65 процентах человеческих генов, изученных на этот предмет. Некоторые гены насчитывают десятки таких участков. Это разнообразие не должно ошеломлять нас. Большинство человеческих генов имеют всего один вариант, намного более распространенный по сравнению с остальными, и поэтому вполне разумно говорить об этом варианте как о нормальном, хотя бы только в статистическом смысле.

Проблема идеала намного сложнее. Единственная причина считать один генетический вариант «лучше» другого — это повышенный репродуктивный успех его носителей, то есть их более высокая дарвиновская приспособленность по сравнению с носителями других вариантов. Наиболее обычный вариант, вероятно, оказывается лучшим в большинстве обстоятельств, однако доказать это невозможно, так как частоты генных вариантов определяются историей и то, что было лучшим когда-то, вовсе не обязательно окажется лучшим сейчас или в будущем. Предпочитать один из вариантов другому — или, скорее, предпочитать то, как он себя, на наш взгляд, обнаруживает, — значит попросту следовать своему вкусу. Под этим я понимаю, например, утверждение, сделанное великим французским натуралистом Жоржем Леклерком Бюффоном, что из-за светлой кожи и темных глаз женщины Кавказа красивее всех остальных. Или панегирик Карен Бликсен в адрес моранов (во-

инов африканского племени масаев). Признавая генетическое разнообразие человека и даже получая от этого удовольствие, мы не должны впадать, однако, в далеко идущий генетический релятивизм. Многие из поражающих геном мутаций, согласно любому критерию, наносят организму вред.

Каждый новый эмбрион имеет около сотни мутаций, которых не было у его родителей. Эти новые мутации, уникальные для данного сперматозоида или яйцеклетки, были приобретены в то время, пока эти клетки находились в гонадах родителей, их не было, когда родители эмбриона сами пребывали в зародышевом состоянии. Из этой сотни мутаций около четырех меняют значение генов путем изменения аминокислотных последовательностей белков. Из этих четырех меняющих смысл мутаций примерно три окажутся вредоносными. Или, выражаясь точнее, они окажут влияние на окончательный репродуктивный успех эмбриона, по крайней мере, в такой степени, чтобы со временем обеспечить их уничтожение под действием естественного отбора.

Мы не располагаем точными цифрами: доля вредных мутаций может быть рассчитана только непрямыми методами. Если расчеты верны, результаты их выглядят устрашающе. Они говорят нам, что нашему здоровью и счастью постоянно угрожает неиссякаемый запас генетических ошибок. Однако дело обстоит еще хуже. Каждый из нас отягощен не только собственным уникальным набором вредных мутаций, но должен справиться с тем, что мы унаследовали от родителей, а они — от своих родителей и так далее. Каков общий груз мутаций, испытываемый в среднем человеком? Продолжительность периода, в течение которого данная мутация будет передаваться от одного поколения к другому, зависит от тяжести ее воздействия на организм. Если предположить, что средняя мутация оказывает лишь незначительный вредоносный



КНИГИ

эффект на репродуктивный успех и поэтому сохраняется в течение сотен поколений, то оценка в три новых мутации на поколение приведет нас к довольно-таки печальному выводу: любое вновь зачатое человеческое существо в среднем несет в себе триста мутаций, которые в той или иной степени ухудшают его здоровье. Ни один из нас полностью не свободен от этой мутационной бури. Но — это безусловная правда — не все мы в равной степени подвержены ее воздействию. Некоторые из нас, по воле случая, рождаются с необычно большим числом умеренно вредных мутаций, тогда как у других их довольно мало. И хотя одни из нас, опять-таки по воле случая, рождаются с единственной мутацией полностью разрушительного действия, большинство людей с ней не знакомы. Так кто же в таком случае они такие — мутанты? Ответ может быть только один, и он полностью согласуется с нашим каждодневным опытом разграничения нормы и патологии. Мы все мутанты, но некоторые из нас в большей степени, чем другие.



МОСКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

## «БИОТЕХНОЛОГИЯ: ЭКОЛОГИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

Проводится в рамках Московского международного конгресса

### «БИОТЕХНОЛОГИЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»



Проводится  
Правительством Москвы

МОСКВА, РОССИЯ

15 - 17 марта

# 2010

Москва, Новый Арбат, 36/9 (Здание Правительства Москвы)

[www.mosbiotechworld.ru](http://www.mosbiotechworld.ru)

**Основные тематические направления конференции**

Секция 1. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Секция 2. ЭКОЛОГИЯ ВОДЫ МЕГАПОЛИСОВ

Секция 3. ВОЗДУШНАЯ СРЕДА МЕГАПОЛИСА

Секция 4. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВОГРУНТОВ МЕГАПОЛИСА

Подсекция 4.1. БИОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ

Подсекция 4.2. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ПРЕПАРАТЫ И УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ

Секция 5. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Подсекция 5.1. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕГАПОЛИСОВ

Подсекция 5.2. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Секция 6. БИОТОПЛИВО

Секция 7. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ И БИОПОВРЕЖДЕНИЯ

Секция 8. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ

Секция 9. ПРОБЛЕМЫ АЛЛЕРГИИ В МЕГАПОЛИСЕ

Секция 10. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ПОТОКОВ, АТМОСФЕРЫ, ПОЧВ

Круглый стол. СВЯЗЬ ЭКОЛОГИИ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ

Круглый стол. БИОТЕХНОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ МЕГАПОЛИСА. КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ

Круглый стол. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И РЕГЛАМЕНТЫ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ

**Прием тезисов до 15 января 2010 г.**

**Тематика VIII специализированной выставки «МИР БИОТЕХНОЛОГИИ - 2010»:**

Процессы и аппараты для биотехнологических производств и лабораторных исследований. Лабораторно-аналитическое оборудование и биоаналитические комплексы. Весь спектр биопродуктов для фармацевтической и пищевой промышленности, АПК, ветеринарии, геологии, промышленных производств, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически-активные добавки. Тест-системы для ИФА, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии. Питательные среды. Биопрепараты для медицины и косметологии, а также готовые продукты на их основе. Альтернативные источники энергии, в т.ч. солнечные, ветровые, геотермальные, нано-молекулярные преобразователи энергии. Промышленная и лабораторная безопасность.

Традиционно проводится международный конкурс: "Лучшая продукция специализированной выставки "Мир биотехнологии 2010"



Организатор: ЗАО «Экспо-биотехнологии»  
E-mail: aleshnikova@mosbiotechworld.ru, alv@biomos.ru, lpkrylova@sky.chph.ras.ru

Телефон: (495) 645-78-70, 645-82-57, 939-72-85

# Полезные ссылки

## Особо охраняемые природные территории России. Информационно-справочная система



<http://oopt.info>

Проект Благотворительного фонда «Центр охраны дикой природы». Для всех, кому нужна достоверная информация о заповедниках, заказниках и национальных парках — от всемирно известных, вроде «Острова Врангеля», до, к примеру, водно-болотного угодья на островах Обской губы. Информация достаточно подробная — географическое положение, ценная флора и фауна, административно-юридические сведения, перечни научных и научно-популярных публикаций, имена и электронные адреса сотрудников. Кроме того, на сайте выложены важные законы и документы, есть лента актуальных новостей. Имеются ссылки на электронные издания по заповедному делу, однако журналы последних лет там отсутствуют (возможно, потому, что они вообще не выходили).

## Ядерная физика в Интернете



<http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

Проект кафедры общей ядерной физики физфака МГУ, осуществляется при поддержке НИИ ядерной физики МГУ. Скромный дизайн и богатое содержание. В удобном формате — материалы курсов и практикумов, конспекты лекций (не настолько подробные, чтобы можно было эти лекции не посещать), материалы школ и семинаров. Прекрасный толковый словарь, в котором найдется все — от альфа-частиц до Великого объединения трех фундаментальных взаимодействий и Большого адронного коллайдера. Есть аккуратная составленная хроника открытий в физике ядра и частиц. Ресурс полезен не только студентам кафедры, но и каждому, кому нужно быстро вспомнить, что такое диаграммы Фейнмана. Отдельно выложены научно-популярные материалы «для школьников».

## Neuroscience For Kids



<http://faculty.washington.edu/chudler/neurok.html>

«Нейрофизиология для детей» — ресурс, где предложены опыты, знакомящие с некоторыми особенностями наших органов чувств, с тем, что такое право- и леворукость, биоритмы, память... Опыты простые, но до того интересные, что родителям и учителям стоит потратить немного времени на чтение английских сопроводительных текстов. А потом, например, изготовить для детей диск Бен-хэма — черно-белый кружок-юлу, на котором при вращении появляются цветные полосы, показать им разнообразные оптические иллюзии (знакомые нам с детства по «Занимательной физике» Перельмана, но не только их), проверить, как влияет цвет напитка на восприятие его вкуса. Там же можно найти и учебные материалы — от вполне серьезных, на уровне экзамена в институт, до инструкции по изготовлению модели нервной клетки из пластилина.



## Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

**eLIBRARY.RU**

<http://elibrary.ru/>

Пока российская научная пресса представлена в Интернете скудно, каждый ресурс, который дает доступ к ней, заслуживает внимания. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, как говорится на главной странице — «крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций... Электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе». Библиотека снабжена каталогами и системами поиска. Полные версии статей предоставляются в формате pdf, причем на сайте были обнаружены практически все номера журналов, которые на данный момент имелись в московских «бумажных» библиотеках.

В списке организаций, пользующихся услугами электронной библиотеки, есть не только институты и университеты, но и частные фирмы. Зарегистрироваться на сервере может любая организация, независимо от ее статуса, вида деятельности, формы собственности или географического положения. Некоторые услуги бесплатные, другие (например, подписка на электронные версии журналов, которых нет в открытом доступе) — платные. Рядовому читателю, чтобы получить доступ, необходимо указывать место работы или учебы. Система проверяет IP-адреса, так что даже будучи сотрудником института, подписавшего соглашение с библиотекой, вы можете не получить доступа к нужным материалам, если зайдете с домашнего компьютера. Зато анонсы к статьям может читать любой посетитель, даже без всякой регистрации.

## arXiv.org



<http://arxiv.org/>

Открытый доступ к 578957 (по состоянию на декабрь 2009 года) препринтам научных статей по физике, математике, информационным технологиям, математическим методам в биологии, экономике и статистике. «Математические методы в биологии» — возможно, не совсем точный перевод quantitative biology: в этой категории есть статьи по биологии клетки, геномике, нейрофизиологии, математическому моделированию популяционных процессов. Доступ действительно открытый, без оговорок: интересующую вас статью можно получить в несколько щелчков мышью. Кстати, в этом номере журнала есть несколько ссылок на данный ресурс, так что желающие могут по ним пройти и проверить.

# Молоко для летучей мыши

**С**одержать рукокрылых дома — дело хлопотное, пишут все. Моему брату Александру случилось проверить это утверждение на практике. Особых проблем не было, но повозиться пришлось.

Обзавелся он рыжей вечерницей в феврале прошлого года — в разгар зимней спячки рукокрылых. Строители меняли окна, выбили раму и карниз, и оказалось, что в дыру под наружным подоконником забилась зимовать летучие мыши. Беспомощных зверьков подобрали шедшие мимо девчонки, одного из них принесла домой Настя, дочка брата.

Наружный осмотр показал, что у вечерницы ничего не повреждено. Но что теперь с ней делать? Как содержать? Как кормить?



В первую очередь мышь обработали от паразитов в шерстке (порошком для щенков). Местом обитания определили неотапливаемую комнату, служившую кладовой (дело было в частном доме), в картонную коробку набросали тряпок. В коробке вечер-

ки (хотя она была велика по размеру) — потихоньку выдавливал смесь, а мышь слизывала. Перед кормежкой мышь поводила головой из стороны в сторону, то ли принохиваясь, то ли прислушиваясь. Когда подносили пипетку ко рту, издавала пронзительный визг и бросалась на нее, клацая зубами по стеклу.

Насытившаяся вечерница облизывалась и теряла интерес к еде, утыкаясь носом в перчатку на руке у брата.

Кстати, о перчатке. Надевал ее Саша не потому, что мышь кусалась (хотя вначале такие опасения у него, никогда не имевшего дела с рукокрылыми, были), — несмотря на угрожающую внешность, зверек оказался спокойным, миролюбивым. Но за перчатку мыши было удобно цепляться коготками, да и с точки зрения гигиены удобно, так что решили и дальше ее надевать.

После кормления мышь относили обратно в ее комнату, где она пряталась.

Ближе к весне вечерница стала совершать после еды разминочные полеты. В тесном пространстве обычной комнаты, заставленной мебелью, она умудрялась совершать молниеносные бесшумные виражи.

Выпускать вечерницу брат собирался, когда станет тепло не только днем, но и ночами и будет достаточно насекомых для прокорма. Мы решили устроить торжественные провода, с фотосессией. Однако вечерница не стала дожидаться меня с фотоаппаратом. Как-то брат вынес ее на улицу — подышать свежим воздухом. Мышь расправила крылья и улетела. Хочется верить, что ее дальнейшая жизнь сложилась удачно.

**Елена Яковлева**  
гор. Саки, Крым



ница жила недолго: после первой попытки кошек познакомиться поближе предпочитала прятаться в местах поукромнее. Но раз в три-четыре дня выбиралась на всеобщее обозрение, и это служило сигналом к кормежке.

Чем кормить — это была непростая задача. Поиски в Интернете дали ответ: мучные черви и молочная смесь. С мучными червями у нас в городке, мягко говоря, проблема, поэтому пришлось оставить вечерницу на молочной диете. В молоко брат добавлял куриный желток, витамин Е, пивные дрожжи, глицерофосфат кальция и сироп шиповника. Кормил из пипет-



**ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ**

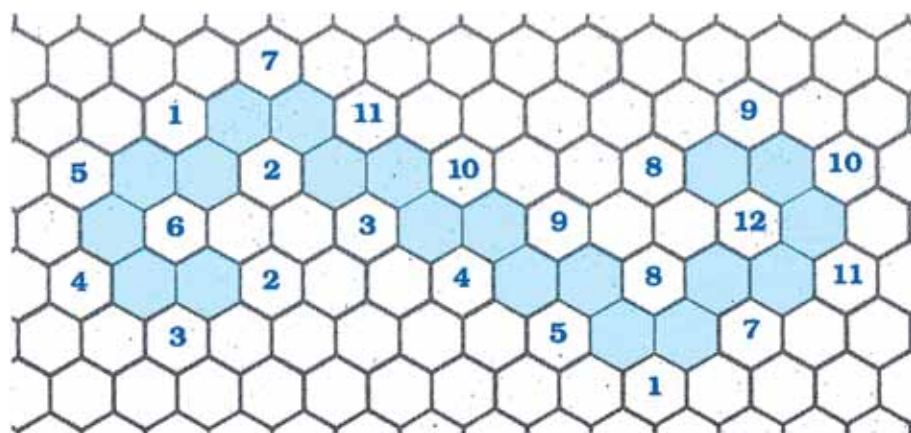
# Экономичная выкройка, или Фуллерен к Новому году

Модель фуллерена несложно вырезать и склеить из листа бумаги или картона. Примером может служить выкройка  $C_{60}$  (рис. 1), изображенная на обложке монографии

M.S.Dresselhaus, G.Dresselhaus, P.C.Eklund «Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes». Вырезав окрашенные шестиугольники по контуру, их стороны соединяют скотчем так, чтобы на местах, обозначенных цифрами, получились пятиугольники. В результате получается 20 шестиугольников и 12 пятиугольных отверстий, которые облегчают склейку. Для изготовления бумажной модели можно применить компьютер и любую «рисовалку», чтобы сначала получить аккуратную шестиугольную сетку и обозначить линии разреза. Компьютер поможет также раскрасить шестиугольники в разные цвета и распечатать выкройку на плотной фотобумаге — тогда модель получится более жесткой и эффектной. Только вот проблема: площадь отходов фотобумаги больше, чем сама выкройка. К тому же, если печатать ее на листе формата А4, сторона шестиугольника будет всего 14—15 мм. Такую модель трудно собрать.

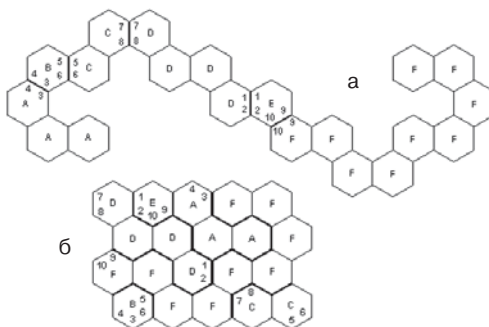
Новая экономичная выкройка фуллерена  $C_{60}$  со стороной шестиугольников 21 мм помещается на листе формата А5, собирать ее удобно, а отходы после вырезания составляют менее 5%. На рис. 2б показан шаблон,

1  
Выкройка модели фуллерена  $C_{60}$



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ПРАЗДНИКА

на который нужно смотреть, разрезая его цветную распечатку. Жирные линии обозначают линии разреза, цифры — стороны, которые нужно совместить, а буквы — каждый из шести



2  
Размеченная выкройка модели фуллерена  $C_{60}$   
(а), экономичная выкройка (б)

фрагментов. Следует вооружиться острыми ножницами, у которых хорошо сходятся концы, а также плоскогубцами с длинными губками, чтобы делать аккуратные сгибы. Пальцы или пинцет во время склеивания легко входят в пятиугольные отверстия. В случае ошибки детали можно без труда разъединить и соединить правильно (скотч легко отрывается от гладкой поверхности фотобумаги).

Фрагменты сначала соединяют по форме, показанной на рис. 2а. Если изогнуть модель плоскогубцами по границам между шестиугольниками, она собирается однозначно. Программа Photoshop или любая другая, где есть процедура «заливки» (например, Paint), позволит менять расцветку шестиугольников как угодно. Для этого сначала по образцу, приведенному на рис. 2б, рисуют шестиугольную сетку, а затем делают заливку. Например, можно поставить цель использовать минимальное число цветов (какое это будет число — догадаться сами), но так, чтобы соседние шестиугольники были разного цвета.

На фото изображены экономичная выкройка и бумажные модели, изготовленные описанным выше способом. Отличное наглядное пособие и уникальный сувенир!

М.Ю.Корнилов

# 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 одноточечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



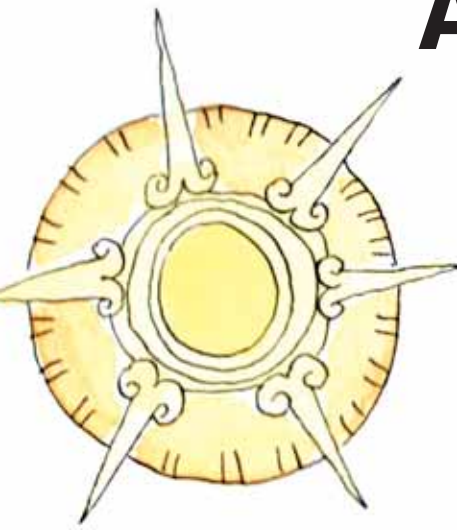
### Прибор СОРБОМЕТР-М обеспечивает

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

### Области применения

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

# Ананас



**Как растет ананас?** Ананас — многолетняя трава. Стебля у него практически нет, и прямо из земли торчат здоровенные листья, зубчатые и колючие. Они образуют прикорневую розетку, из центра которой в свое время вырастает короткий и толстый цветонос. Цветки на нем собраны в крупное соцветие, увенчанное розеткой из мелких листочков — маленькой копией прикорневой розетки. Из цветков получаются плоды, ягоды с мелкими семенами. Ягода, разросшиеся прицветники и ось соцветия срастаются и образуют соплодие — собственно ананас. Из пяти видов рода ананас в культуре широко известен только один — ананас крупнохохолковый *Ananas comosus (L.) Merrill*. Известно около 80 сортов ананаса, большинство из которых не образуют семян. Их размножают вегетативно.

**Откуда родом ананас?** Родина ананаса — Бразилия. Там это растение до сих пор встречается в диком виде на лесных опушках или на полях как сорняк. Дикие ананасы съедобны, хотя мельче культурных и не такие вкусные. Крупноплодные ананасы — скорее всего, спонтанные полиплоиды (то есть содержат не два, а несколько наборов хромосом: полиплоидия у растений обычно приводит к увеличению размера).

Индейцы возделывали эту культуру еще в доисторические времена, а в XV веке ананас увидели европейцы. Колумб и его команда впервые отведали этот фрукт 4 ноября 1493 года на острове Гваделупа и были поражены его изысканным вкусом.

Уже в начале XVI века португальцы начали выращивать ананасы на побережье Африки, на Мадагаскаре и острове Святой Елены, затем плантации появились в Индии, на Яве и Филиппинских островах, а сейчас они есть почти во всех тропических странах мира. В Европе этот фрукт выращивали в оранжереях, и российские вельможи познакомились с ним раньше, чем с картошкой.

**Чем полезен ананас?** Мякоть ананаса, на 86% состоящая из воды, содержит до 15% сахаров, из которых две трети приходится на сахарозу, 0,5–0,8% кислот — лимонной, яблочной и винной, провитамин А, витамины групп В, С и Р и некоторое количество минеральных солей.

Несмотря на водянистость, ананас — лекарственное растение. Ананасовый сок уменьшает отеки при болезнях почек и сердечно-сосудистой системы (в нем много солей калия). Им также полощут горло при ангине и других воспалительных процессах. Ананас стимулирует пищеварение, снижает вязкость крови, препятствует образованию тромбов, понижает кровяное давление. Его используют в косметологии как мягкое отшелушивающее средство. А если кто-то захочет свежими ананасами выводить мозоли, то пусть приложит кусочек к нужному месту на ночь, а потом распарит кожу в горячей воде и удалит мозоль. Своими целебными свойствами ананас обязан, конечно, не сахарам и витаминам, а бромелаину, о котором многие слышаны как о ферменте, сжигающем жир.

**Что такое бромелаин и как он действует?** Бромелаин (так говорить правильнее, чем «бромелайн») представляет собой группу ферментов, основу которой составляют несколько протеаз — ферментов, расщепляющих белок. Бромелаином богаты сердцевина плода и цветоносный стебель. Именно из цветоноса этот препарат получают в промышленных масштабах.

Бромелаин широко применяют в медицине. В желудке и в кишечнике он действует как пищеварительный фермент, эффективный при любой кислотности желудочного сока, и существенно улучшает процессы пищеварения. Кроме того, до 40% бромелаина всасывается в неизменном виде через желудочно-кишечный тракт.

Протеазы препятствуют образованию тромбов, расщепляя белок плазминоген и превращая его в плазмин. А плазмин разрушает другой белок, фибрин, который участвует в образовании отеков и тромбов. Бромелаин также останавливает формирование кининов — соединений, образующихся во время воспалительного процесса.

Бромелаин разрушает мертвые белки, по-





этому ускоряет очищение и заживление гнойных ран, трофических язв и пролежней. Здоровые ткани содержат ингибиторы протеаз, и им фермент не страшен.

Даже стоматологи рекомендуют бромелаин: он расщепляет белковые компоненты зубного налета, чем существенно повышает качество чистки зубов. Фермент надолго задерживается в полости рта и не позволяет образовываться новому налету.

**Можно ли похудеть на ананасовой диете?** Несмотря на многие замечательные свойства бромелаина, большинство людей воспринимают его прежде всего как сжигатель жира. СМИ полны историями о знаменитостях, сидящих на ананасовой диете. Насколько она эффективна?

Основной источник ферментов, как мы помним, сердцевина и цветочная часть ананаса, то есть те его части, которые адекватные люди обычно выбрасывают. Поэтому сок, отжатый из целого плода, содержит гораздо больше бромелаина, чем очищенная мякоть. Однако бромелаин представляет собой смесь протеаз и расщепляет не жиры, а белки. Он действительно помогает отрегулировать вес тела, но только за счет оптимизации процессов пищеварения. Бромелаин эффективен как «скорая помощь» во время обильного застолья с большим количеством белковых блюд. Перекушав, хорошо съест ломтик ананаса с твердой серединкой или выпить стакан ананасного сока. Разумеется, речь идет о свежих фруктах, потому что в консервированных бромелаина нет.

Чтобы экстракт ананаса действительно способствовал похудению, нужно ограничить потребление калорий до 1700–1800 ккал в сутки. Один раз в неделю, не чаще, можно устроить себе разгрузочный ананасовый день. Калорийность плода очень мала, 100 г мякоти содержат всего 48 ккал, но сильного голода человек не испытывает, поскольку фрукт мясистый. При этом он содержит много солей калия, которые помогают избавиться от лишней жидкости. Однако злоупотреблять ананасом нельзя. Крупный плод надо разделить на три-четыре приема, потому что кислота может раздражать слизистую ротовой полости и разъедать зубную эмаль. По той же причине ананас не показан тем, кто страдает язвенной болезнью и повышенной кислотностью желудка.

**Как выбрать и хранить ананас?** Спелый ананас имеет насыщенный цвет и окрашен равномерно. Мы привыкли к желтым сортам ананаса, но бывают и зеленые, поэтому зеленый плод не обязательно незрелый. Если надавить на него пальцами, фрукт проминается, но не сильно. Ананас, мягкий внутри, уже подгнивает. Полезно также осторожно покрутить зеленый хвост относительно плода. Если он скручивается легко, то ананас спелый, если нет — еще не созрел. Незрелые соплодия, как уже говорилось, очень едкие на вкус и вызывают сильнейшее расстройство кишечника.

Не очень спелый фрукт доходит до кондиции за несколько дней при комнатной температуре, но не надо дожидаться, пока на кожуре появятся коричневые пятна. Зрелый ананас можно около недели хранить во фруктовом отсеке холодильника, но в завернутом виде, чтобы его запахом не пропитались остальные продукты. Фрукт, порезанный на ломтики и замороженный, выдерживает месяца три.

**Как разделить ананас?** Сначала от соплодия отрезают листья и «донце». Остается ананасовая чурочка, которую, как настоящее бревно, обтесывают со всех сторон, срезая кожуру вдоль плода. Очищенный фрукт режут поперек на ломтики произвольной толщины и круглой выемкой вырезают твердую серединку. Теперь ананас можно есть.

**С какими продуктами сочетается ананас?** Кисленький ананас с протеазами прекрасно сочетается со свининой, курицей, рыбой и креветками. Мясо, рыбу и птицу обжаривают и запекают с ананасами под тертым сыром. Еще одно популярное блюдо – ананас, обжаренный в кляре (иногда в тесто даже пиво добавляют) и поданный с корицей. Из ананаса делают консервы, соки, алкогольные напитки, джемы и варенье, а с тех пор, как ананас впервые законсервировали, он стал одним из самых популярных фруктов.

Блюдо с ананасом великое множество, однако свежий фрукт нельзя использовать в рецептах с желатином, так как бромелаин размягчает желатин. В этих случаях вполне подойдет консервированный ананас, но не в сиропе, а в собственном соку.

Как приготовить ананасы в шампанском?

Чтобы приготовить ананасы в шампанском, прежде всего нужно обзавестись крющонницей: не наливать же шампанское в кастрюлю. В крющонницу кладут кусочки ананаса, медленно заливают шампанским (одна бутылка на плод), дают настояться 10–15 минут и подают в больших широких бокалах. Ананас из бокалов достают чайными ложками.

Читатели, которым этот рецепт кажется слишком простым, могут нарезать ананас тонкими ломтиками, засыпать сахаром, залить 0,5 л сухого белого вина, добавить по 40 мл вишневой настойки и апельсинового ликера и выдержать два часа в холодильнике. Затем вылить в эту смесь бутылку шампанского и еще 0,5 л вина, добавить лед, перемешать и подавать опять-таки в бокалах.

Третий рецепт предназначен для тех, кто непременно должен выпить водки. Ананас им нужен консервированный, сладкий. Сок из банки разводят равным количеством водки, полученную смесь добавляют по вкусу в бокалы с шампанским, а ананасными колечками закусывают.

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ





# Шарманщик и буратинка



## Марина Ясинская

**Р**абота «случайного встречного» всегда меня привлекала. В моих глазах она была окружена заманчивым ореолом загадочности, мистики и тайны, и я мечтал о ней, сколько себя помню. Именно потому мое заявление о том, что я намереваюсь податься в «случайные встречи», не стало для отца неожиданностью. Однако мой выбор он все равно не одобрил.

— Молод ты еще для такой работы, — покачал он головой. — Ни людей не знаешь, ни в жизни ничего толком не повидал. А хорошему «случайному встречному» знаешь, какой опыт нужен?

— Прекрасно, вот на работе его и наберусь, — отмахнулся я. И еще подумал про себя, что до сих пор не видел на доставке ни одного взрослого, только своих сверстников, так что молодость этой работе явно не помеха.

— А может, на завод?

— Нет, — упрямо заявил я. Перспектива всю жизнь простоять в цеху у станка, отливающего чувства, меня не вдохновляла. Не вдохновляла настолько, что я даже ни разу не побывал на заводе, где целыми днями пропадал отец. — Я буду «случайным встречным» — и точка.

Мое упорство отца не переубедило — он остался при своем мнении. Правда, больше меня не отговаривал. Он-то ведь знал, что некоторые истины человек просто не может принять из уст другого, поскольку должен прийти к ним сам.

Вот я и пошел к своей.

На протяжении жизни человек видит сотни, тысячи незнакомцев. Они проходят мимо него в толпе, они стоят рядом в переполненном трамвае, проносятся в машинах по встречной полосе или провожают взглядом из безликих окон высотных домов. Самый распространенный контакт с ними — мимолетный взгляд. Иногда — короткий жест или слабая улыбка. Еще реже — обмен парой слов. И уж совсем редко — задушевный, искренний разговор, который случается только тогда, когда человек точно знает, что больше ни разу не увидит своего нечаянного собеседника.

Люди чаще всего не понимают, какую важную роль в их жизни играют такие мимолетные столкновения, и свято уверены в случайности этих коротких встреч...

Поначалу, как я и ожидал, мне поручали самые простые доставки. Каждый день в назначенный час я подходил к бревенчатой пристройке, прислонившейся к теплому каменному боку завода, где работал отец. Пристройка больше смахивала на сказочную избушку, чем на склад, а за-

вод походил на суровый старинный замок с узкими окнами-бойницами, а не на промышленный объект.

На складе я получал пакеты, знакомился с инструкциями и послушно отправлялся по указанным маршрутам.

Получатель пакета «Решимость» спускался в метро на эскалаторе. Его взгляд на миг задержался на щуплом молодом человеке, едущем на соседнем эскалаторе.

Я ловлю взгляд адресата, удерживаю, фиксируюсь на глазах. Сосредоточиваюсь. Передаю. Передаю. Передаю... Ну вот и все. Сегодня получатель, зайдя в кабинет самодура-начальника, впервые постоит за себя...

Адресат пакета «Облегчение» шел в хмурой толпе, деловито топчущей зебру людного перекрестка. Коренастый мужичок с дубленным лицом и вьёвшейся под ногти машинной смазкой задел его локтем и взвился:

— Смотри, куда прешь!

В ответ пострадавший с чувством процедил сквозь зубы что-то нелицеприятное.

Готово! — удовлетворенно киваю я. Получатель растратил на меня существенную часть накопившегося стресса и теперь не сорвет злость дома, на семье...

Получательница «Укора», модная дама с холеными руками, покосилась на сухонькую богомолку, часто осеняющую себя мелким крестом у иконостаса. Пересеклась с ней взглядом — и вздрогнула.

Не переставая часто креститься, я улыбнулся про себя. Я уже видел, как дама, вернувшись домой, станет долго терзать мобильный телефон, потом, сдавшись, достанет старую записную книжку и позвонит в деревеньку, соединенную с миром всего двумя проводами — телефонным и электрическим. Там по-прежнему живет ее мама...

Работа не отличалась разнообразием, но это меня не разочаровывало. Я старательно исполнял те простые задания, которые мне поручали, и мечтал, что когда-нибудь, когда наберусь опыта, мне доверят серьезные доставки сложных наборов чувств и я примкну к тем счастливицам, которые работают «попутчиками в поезде», «давними знакомыми» и «курортными романами».

У меня появились постоянные клиенты. Седой ветеран, живший в стильной квартире на нижнем этаже панельной многоэтажки, был первым. Он коротал пустые утренние часы у окна, облокотившись на широкий подоконник и подолгу глядя во двор. Он знал, что в один и тот же час из-за угла дома выходит невысокий мужчина средних лет в мятой кепке, с лохматой белой болонкой на поводке, и очень ждал его появления. Видимо, в незамысловатой рутине посторонней жизни ветеран находил что-то успока-

ивающее. Что именно? Как я ни старался, ответа найти не мог. Только крепче сжимал поводок и не спеша шел по одному и тому же маршруту, утро за утром доставляя ему пакет «Умиротворение».

Осознавая важность своей работы, я все-таки не до конца понимал трогательной привязанности одинокого ветерана к ежеутренней картине. И в полной мере смог это оценить в одно веселое весеннее утро, когда, после пропущенной накануне из-за простуды доставки, не увидел его у окна.

Соседки, сбившись в кружок у подъезда, все повторяли: «Памятник, памятник-то какой заказали? Из мраморной крошки?.. Ах, мраморный!.. Да, неплохо его детишки пристроились...» А я растерянно стоял посреди зеленеющего двора, бесцельно вертя пакет «Умиротворения» и все гадал: а если бы я не пропустил вечернюю доставку?..

Число моих постоянных клиентов постепенно увеличивалось, увеличивалась и сложность доставок. Пару раз мне уже доверили «Попутчика в поезде», а однажды — даже «Курортный роман», и счастьем моему не было предела. Но, как это обычно происходит в жизни, новизна впечатлений стирается. И то, что некогда безмерно радовало, со временем тускнеет и начинает отдавать пресным привкусом скуки и привычки.

Я по-прежнему прилежно занимался доставкой, но если раньше все мои мысли были сосредоточены только на адресатах, то теперь я отвлекался. Неся под мышкой несколько посылок с «Радостью», «Облегчением», «Напоминанием» и «Надеждой», я видел вокруг себя десятки, сотни людей, которым эти пакеты не были предназначены, но эти люди нуждались в них никак не меньше, чем мои получатели. И я задавался извечным вопросом: почему? Почему именно этот мужчина за рулем машины, застрявшей в длинной пробке, получит «Ободрение», в то время как усталой молодой мамочке, в одиночку поднимающей ребенка, «Ободрения» не достанется? Почему выбирают именно этого человека? Почему не другого? Разве соображения элементарной справедливости совсем не играют роли в принятии решений?

А если... (и я похолодел от крамольной мысли), если ни о каком решении нет и речи? Вдруг все решается волей случая? Простой лотереей, в которой выигрывает не тот, кто заслужил, и не тот, кому нужнее, а тот, кто удачливее.

Отец, разумеется, заметил, как на смену моему восторженному восхищению пришло сомнение. Но он ничего не говорил. Ждал, пока я сам задам вопрос. Но когда я наконец спросил «почему?», он не ответил. Только улыбнулся так раздражавшей меня порой, свойственной всем родителям всезнающей улыбкой. И сказал:

— Я же говорил тебе, что работать «случайным встречным» вовсе не так легко, как тебе казалось. Вот теперь ты начинаешь понемногу понимать, в чем трудность.

— И что же дальше?

— Дальше? — повторил отец и задумчиво прищурился, глядя куда-то мимо меня. — А дальше ты либо справишься, либо нет.

— Ты хочешь сказать, я должен сам найти ответы?

— Ну да.

Я разозлился не на шутку.

— Какая бесполезная трата времени! Зачем заставлять заново искать ответы, которые уже и так есть?.. Скажи, они ведь есть, да?

— Есть, — после паузы, показавшейся мне ужасающе длинной, ответил отец.

— Так почему бы мне просто не сказать?

— Потому что одного ответа нет — у каждого он свой.

И я искал свой ответ, но... Либо я искал не там, где следовало, либо искал не то, что надо.

И тем не менее. Неся в руках посылки с «Надеждами» и «Облегчениями», адресованные вполне конкретным людям, я по-прежнему видел на своем пути немало тех, кому эти посылки были нужны ничуть не меньше, а, быть может, даже больше, чем адресатам, и у меня в голове все четче оформлялся план.

Когда я впервые отдал пакет не тому, кому он предназначен, меня едва не сожгло чувство вины. Но правду говорят: самое сложное — сделать что-то в первый раз. Во второй — уже гораздо проще.

Помню, в руках у меня была посылка «Внимание», и предназначалась она хрупкому старичку, мирно доживающему свой век в крошечной квартирке вместе со своей старушкой.

Как я рассуждал тогда? Я подумал: ну, посмотрит старик на свою старушку с полученным от нас вниманием, ну, поцелует в лобик, ну, возьмет за руку, прогуливаясь по скверу. А потом помрет через пару недель. И толку?

Зато в соседнем подъезде жил парнишка с будущим великого математика и чах от безответной любви к однокласснице с модной стрижкой под популярную певичку. Одноклассница же, следуя классическим канонам жанра, не обращала на него ровным счетом никакого внимания.

Дух захватывало от мысли, сколько великих открытий может сделать одаренный математик, вдохновленный взаимностью своей любви. И «Внимание» я передал этой девчонке с модной стрижкой.

Дальше пошло-поехало. «Радость», предназначенную занятому бизнесмену, я отдал девчонке лет десяти с немелко заплетенными косичками. Она выбегала из подъезда и задирала голову к окнам своей квартиры, раз за разом с надеждой высматривая, не провожает ли кто ее в школу.

Ее не провожали. И одним пасмурным утром, когда девчонке было особенно грустно, я, превратившись в ее бабушку, показавшись в окне и помахал ей. «Радость» получила она.

«Сочувствие», предназначавшееся женщине, которая возвращалась домой, таща тяжелые сумки в одной руке и сына-первоклассника в другой, я отдал пловцу, получившему травму и вынужденному уйти из спорта; «Сомнение» мне поручили передать армейскому «деду», приготовившемуся строить призывников, — я отдал его беременной девушке, решившей избавиться

ся от нерожденного ребенка; «Утешение» забрал у раздраженного водителя маршрутки и оставил строгой судье, услышавшей жуткий диагноз на приеме у онколога.

Меня больше не терзало чувство вины за то, что я отдаю пакеты не тем адресатам. Сомнений в правильности своих действий я тоже не испытывал: я был абсолютно убежден в том, что совершаю нужные поступки.

Тем большим шоком стала для меня суровость вынесенного мне наказания. Когда правда выплыла наружу, меня не просто уволили. К увольнению я, в некотором роде, был готов. Но вот полученного приговора никак не ожидал.

Я по-прежнему видел и знал, что нужно каждому человеку, но никому не мог помочь. Мне было нечего им дать, ведь на завод, отливающий чувства, я больше попасть не мог.

И я кипел праведным гневом. Меня выбросили вон! И за что? За желание сделать доброе дело, помочь тем, кто нуждался?.. Я растравливал себя мыслями о том, как несправедливо со мной обошлись. С мрачным удовольствием я примерял на себя костюм страдальца, несущего крест несправедливого наказания, и регулярно качался на волнах уныния: никому-то я не нужен, ничего-то я не стою.

Я погрузился в болото жалости к себе, и эта трясина засосала бы меня с головой, если бы не подвернувшаяся мне опора.

Этой опорой стал случайный встречный.

Не «случайный встречный», каким когда-то был я. Настоящий случайный встречный.

Я проходил мимо него день за днем — и не обращал внимания. Потому что, живя среди людей, незаметно набрался человеческих привычек и перестал смотреть на тех, кто стоял с мольбертами у решеток пропахших бензином скверов, с гитарами у мраморных колонн в метро, с протянутыми руками у влажных стен подземных переходов.

И вот один из них. Я пробежал мимо него раз за разом, пробежал не глядя. Но однажды почему-то задержался и впервые за долгое время посмотрел.

Обычный мужчина. Высокий, худощавый. Не пьяный, не мятый. Лохматый, щетина недельная. Одет, как мне сначала показалось, в старое, поношенное. Пригляделся — нет, вещи еще приличные, хотя каждая в отдельности будто с чужого плеча: слишком узкая спортивная олимпийка, строгий серый плащ великоват, черные шелковые брюки висят мешком. Кроссовки с оранжевыми галочками по бокам. На шее — широкая засаленная замшевая ляжка, удерживающая большую коробку с ручкой.

«Шарманка», — сообразил я, глядя на то, как под незатейливую мелодию кружили на крышке маленькие фигурки. В другой руке мужчина держал короткие палочки, от которых тянулись тонкие нити к деревянной кукле. Одетая она была куда приличнее самого шарманщика — в джинсики и теплую зеленую курточку на синтепоновой под-



## ФАНТАСТИКА

стежке. Кукла стояла, покачивая головой в такт музыкальному курлыканью шарманки, и издалека казалась самым что ни на есть обычным ребенком.

Лишь когда я подошел поближе, нашаривая в кармане мелочь, то разглядел, что одежда свободно болтается на тонком тельце-палке и у деревянного мальчишки-буратинки почти нет лица — так грубо выструганы рот, нос и глаза. На асфальте перед мужчиной не лежало ни шапки, ни коробочки, ни даже картонки. Куда бросать деньги, не ясно. «Зачем он тогда тут стоит?» — удивился я, пожал плечами и продолжил свой бесцельный путь.

Я прошел целый квартал, прежде чем понял, что впервые за долгое время чувствую себя лучше. Будто часть моих переживаний, сомнений и разочарований не то что исчезла, а стала невесомой.

С того дня я неосознанно прокладывал свой маршрут таким образом, чтобы обязательно пройти мимо шарманщика с буратинкой. И все гадал, чем же эта парочка притягивает меня.

В шарманке не было ничего необычного. Старый, истрепанный, но любовно хранимый инструмент, играющий с полдюжины мелодий; на крышке кружились одни и те же фигурки с поблекшей раскраской. Словом, ничего особенного. А вот буратинка...

Он, казалось, жил собственной жизнью, никак не зависящей от тонких ниточек, тянущихся от него к руке шарманщика. Деревянный мальчишка мог задорно постукивать по асфальту заботливо зашнурованным ботиночком под бодрый, слегка похрипывающий марш. Мог качать головой в такт тонкому треньканью колокольчиков, мог кружиться на месте, широко раскинув руки, под летучий вальс и недвижно грустить под нежную сонату. А под плачущие аккорды печальной баллады он, словно забываясь, отбегал на несколько шагов в сторону, потом неизменно спотыкался и замирал, потом поворачивал голову, таращась пустыми деревянными глазами на шарманщика, медленно подходил к нему и утыкался плохо вырезанным лицом в шелковую штанину с непроглаженной стрелкой. В такие моменты шарманщик ласково клал ладонь на деревянную макушку, затем вздрагивал и убирал руку.

Я так и не мог понять, чем притягивает меня эта странная пара, но каждый раз, когда проходил мимо шарманщика с буратинкой, неизменно ощущал, как все больше отступают от меня уныние и жалость к самому себе.

Я пытался решить загадку шарманщика с буратинкой почти две недели. Потом вдруг подумал: а как же мои способности, навыки и умения? Я ведь ни разу не пробо-

вал, с тех пор как... Правда, даже если они и остались, мне так и не довелось делать «давнего знакомого». Но я ведь бывал «попутчиком в поезде» и «курортным романом». Какой-никакой, а все же опыт — значит, справлюсь и с этим.

Подготовка заняла совсем немного времени.

Я приостановился возле шарманщика, деланно всплеснул руками и воскликнул:

— Толик, ты?

Он вздрогнул и посмотрел на меня. Механические движения замерли, буратинка выжидательно уставился на меня пустыми деревянными глазами.

— Серега? — наконец растерянно отозвался шарманщик...

Мы просидели с Толиком весь вечер в какой-то чистенькой забегаловке с большими окнами, выходящими на осенний проспект. Я старательно изображал из себя бывшего однокашника, и, кажется, у меня получалось неплохо. Куда хуже выходило другое: я не знал, с какой стороны подступиться с расспросами. Да и о чем, собственно, спрашивать?

Мы сидели за столиком в самом углу. Толик поставил шарманку на пустой стул, снял с буратинки курточку, усадил его к себе на колено. Палочки с тянущимися к ним нитями он так и не отпустил. Кукла вертела головой и ерзала, словно нетерпеливый ребенок.

Толик не был малоразговорчивым, замкнутым или угрюмым. Напротив, он охотно говорил на любые темы — хоть о погоде, хоть о политике. С удовольствием вспоминал студенческие дни, улыбался, шутил. Но как только я касался чего-либо связанного с его личной жизнью, он неизменно отделивался односложными ответами.

Иногда, разговаривая со мной, мой «давний приятель» забывался и протягивал ладонь к кукольной голове, словно хотел погладить. Потом вздрагивал и отдергивал руку. В такие моменты я испытывал непонятную неловкость и отводил взгляд.

Однако любопытство не давало мне покоя, и, после того как Толик заботливо поправил воротничок рубашки на плохо обструганной шее куклы, я не выдержал и все-таки спросил про буратинку. Толик, не поднимая головы, тихо ответил:

— Его зовут Алешка.

— Ну, Алешка так Алешка, — легко согласился я. — Толь, а Толь? Сам сделал?

— Кого?

— Буратинку, — кивнул я на куклу. Встретил Толькин взгляд и тут же поправился: — Ну, то есть Алешку.

— Сам.

— А чего тогда с мордашкой намудрил? Одел вон как хорошо, а с лицом схалтурил. — Толик промолчал и прижал куклу крепче к себе. — Зачем он тебе?

Шарманщик опять промолчал, а кукла отвернулась от меня и обняла Толика тонкими палочками-ручками.

Неловкую тишину прервало появление кудрявой белобрысой девчушки лет пяти с пломбиром в руке. Она без стеснения дернула Толика за рукав и спросила:

— Дяденька, как зовут вашего мальчика?

Толик ответил не сразу, и вышло у него хрипло:

— Алеша.

— А можно мы с Алешей немножко поиграем?

Шарманщик медленно кивнул. Девочка взяла буратинку за руку и повела к маме, беседующей по сотовому за соседним столиком.

Толик долго смотрел на детей; глубокие морщины прорезали его лоб, и он стал казаться гораздо старше, чем еще несколько минут назад. Потом достал бумажник из внутреннего кармана плаща, раскрыл его, бережно вынул фотографию и осторожно, словно хрупкую драгоценность, протянул мне. Я взглянул на нее — и вздрогнул.

С фотографии на меня смотрел буратинка. Такой, каким он мог быть, если бы грубо намеченные черты его лица выстругал талантливый мастер. И если бы буратинка был не куклой, а живым шестилетним мальчишкой.

Чувство непоправимой беды накрыло меня штормовой волной.

— Он... — начал было я — и не смог закончить.

Толик молчал. И это было именно тот случай, когда молчание говорит больше любых слов...

Девочка привела буратинку обратно к нам и вернулась к маме. Я смотрел, как деревянная кукла с плохо вырезанным лицом шестилетнего мальчишки деловито взбирается к Толику на колени, и чувствовал, что мои надуманные обиды, мелкие разочарования и жалость к себе отступают, растворяются и уходят, уступая дорогу чему-то другому. Чему-то большому, теплomu, доброму и... очень хорошо знакомому.

Я прислушался к себе — и будто какой-то переключатель щелкнул внутри. Все стало на свои места. Стало так просто и так закономерно, что оставалось только удивляться: как это я раньше не увидел? Ведь я столько носил их с собой, столько рассматривал, столько передавал. Только ни разу не получал сам. «Утешение». «Облегчение». «Надежда».

Дальше со мной случилось то, что обычно называют откровением. Если деревянная кукла, в которую простой человек вложил боль потери и нерастроченной любви, может вызвать во мне столько чувств, как же получилось, что я, существо, наделенное, по человеческим меркам, волшебными возможностями, ни разу не попытался создать чувства сам?

Почему же я так долго не понимал, что на заводе мне давали только оболочку — оболочку чувств? Пусть и не осознавая этого, но наполнял ее я. Я сам. А стоило мне услышать, что я больше не работаю «случайным встречным», не получаю чувства с завода, — и я сдался...

Как это, однако, по-людски: человек вмиг забывает о главном — о своих талантах, умениях и способностях, стоит лишь забрать у него инструменты.

Но теперь — теперь все будет по-другому. Если уж буратинка может, то я и подавно смогу. И начну прямо сейчас.

Я посмотрел на Толика. Все его чаяния, все его желания и мечты — все они были передо мной как на ладони. Я поочередно создавал «Утешение», «Облегчение», «Ра-

дость», «Поддержку». Одно за другим я грел эти чувства в ладонях, наслаждаясь легкостью, с которой они у меня появлялись. Но не то, все не то! Толик заслужил нечто большее. И кажется, я уже знал что.

Я никогда не доставлял его раньше — оно было редкостью. Потому и не знал, каково оно на ощупь, как выглядит, как передается. Но это меня не остановило.

Я все равно создал его. Создал, подержал в руках — и оставил Толику.

Чудо.

Потом земля почему-то ушла из-под ног, и мир закружился калейдоскопом уже отданных и еще не созданных чувств.

Когда я немного пришел в себя, то с удивлением обнаружил, что стою у сурового замка — завода, станки которого якобы отливают чувства. У входа, с улыбкой на лице, меня поджидал отец. Он молча распахнул двери, приглашая внутрь.

Никаких станков там, разумеется, не было. Мое внимание сразу же привлек прозрачный хрустальный паркет, под которым далеко внизу лежало широкое полотно земли. Стоило сфокусировать взгляд — и полотно, разворачиваясь, приближалось, так что можно легко увидеть любого человека. Со всеми его чаяниями, желаниями и потребностями.

Я настолько увлекся созерцанием этой картины, что не сразу понял: такой суровый снаружи, с редкими узкими бойницами, изнутри замок был пронизан светом. Я оторвал взгляд от прозрачного паркета и посмотрел на отца. Над его головой парило, излучая свет, сияющее облако. Как и над головами всех тех, кто находился сейчас внутри замка. Все они вглядывались в хрустальный паркет, создавали самые разные чувства и посылали их вниз.

Я проследил за некоторыми.

Из наполненной строгим молчанием библиотеки выбежал зевающий студент. Посмотрел, как искрится в свете вечерних фонарей первый снег, — и вдруг радостно улыбнулся...

Держа за руку внучку, усталая бабушка шла в магазин. Она как раз проходила через стиснутый многоэтажками двор, когда из распахнутого окна какой-то квартиры до нее донеслась мелодия. Бабушка остановилась и прикрыла глаза, погружаясь в музыку, — звуки старой песни вернули ее на миг в счастливые времена молодости...

Солнечный луч пробился сквозь неплотно задернутые шторы и пощекотал волосы нежащейся в кровати девушки. Она поднялась, распахнула тяжелые портьеры — и в комнату хлынуло утро. Девушка зажмурилась, подставляя лицо под волны света, — и вдруг, раскинув руки, закружилась по комнате, весело, без причины смеясь и думая о том, как же мало порой надо для счастья...

Я поднял глаза на отца.

— А для чего же тогда все эти доставки и «случайные встречи»? — обратился я к нему.

— Они для тех, кто еще не нашел свой ответ.

Я помолчал. Затем все-таки спросил:

— Значит, я нашел?

Отец не ответил, только кивнул на что-то за моей спиной.



## ФАНТАСТИКА

Я обернулся — и в первый момент ничего не увидел. Только потом разглядел свое отражение в узком окне-бойнице.

У меня над головой парило облачко.

Людской поток несся мимо него день за днем, а он стоял и стоял на берегу уличной реки и крутил ручку старой шарманки, на крышке которой под незатейливую мелодию кружили маленькие фигурки с выцветшей раскраской.

Деревянный буратинка в джинсиках и теплой зеленой курточке на синтепоновой подстежке то постукивал по асфальту ботиночком под бодрый, слегка похрипывающий марш, то, широко раскинув руки, кружился на месте под летучий вальс. Иногда, словно забываясь, отбегал на несколько шагов в сторону. Потом неизменно спотыкался и замирал. Поворачивался к шарманщику, медленно возвращался и утыкался лицом в штанину с непроглаженной стрелкой. В такие моменты шарманщик ласково гладил его по макушке.

Около них останавливались. Кто-то просто смотрел, кто-то перекидывался несколькими словами с шарманщиком, кто-то — с буратинкой.

Ни один из тех прохожих не связывал свое внезапно улучшавшееся настроение с этой случайной встречей на улице — с шарманщиком и буратинкой. Ни один не знал, что именно от них он получил то, что в тот момент ему было нужнее всего, — «Сострадание», или «Ободрение», или «Утешение».

Шарманщик провожал каждого такого прохожего долгим взглядом. Потом поворачивался к буратинке и вглядывался в его деревянное лицо. Вглядывался с замиранием сердца, с нетерпением — и с готовностью ждать бесконечно.

После каждого задержавшегося подле шарманщика с буратинкой прохожего умелая рука невидимого резчика раз за разом подправляла грубо намеченные черты деревянной куклы — нос, брови, глаза. Лицо буратинки постепенно превращалось в лицо шестилетнего мальчишки.

Шарманщик верил, что настанет день, когда на глазах буратинки задрожат ресницы, на щеках появится румянец и ниточки, тянущиеся от куклы к палочке в его руках, лопнут.

А пока он крутил ручку шарманки, ждал случайных прохожих и верил в невозможное.

Верил в чудо.





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Черный фрак чибиса

Следуя давней традиции, Союз охраны птиц России решил, что у нас наступил год чибиса. Что это за птица? Крупный кулик и настоящая красавец. На голове хохолок, ноги красноватые, оперение контрастное, черно-белое. В полете чибис сверху черный, снизу почти белый, и это одна из загадок природы: так обычно выглядят морские птицы — чайки или пингвины. Они питаются живой и очень даже глазастой добычей — мелкой рыбешкой и морскими беспозвоночными; когда те смотрят вверх, они путают белый живот птицы с облаками. Сверху же птица плохо видна хищнику на фоне темного моря.

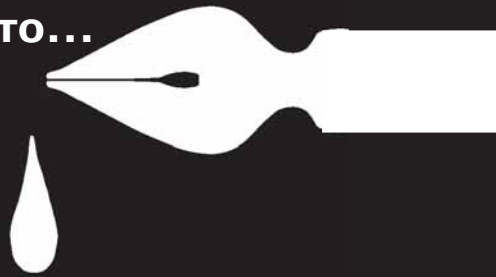
Но чибис-то — не морская птица, он кулик. У куликов же своя маскировка. Большую часть жизни обычный кулик проводит на илистых и песчаных морских или речных побережьях и отмелях: ковыряется в грунте, выискивая червей, насекомых и других беспозвоночных. Поэтому большинство куликов сверху серовато-рыжеватые. А чибис среди них — настоящая черно-белая ворона, хорошо заметная на лугу или среди поля. Зачем же чибису такая яркая внешность? Орнитологи отвечают так: чтобы выделиться, найти пару, произвести впечатление на самку. Чем ярче оперение, тем птица здоровее, а значит, и потомство получится более качественное.

В Польше и на Украине чибиса зовут чайкой. Венгерское название *bibic* (бибик, с ударением на первом слоге) и немецкое *Kiebitz* подражают крику кулика, который по-русски передают как «чи вы?» (вспомним детскую песню: У дороги чибис, у дороги чибис, он кричит, волнуется чудак. А скажите, чи вы? А скажите чи вы? И зачем, зачем идете вы сюда). А по-английски чибис — *larwing*, что буквально можно перевести «крылья-как-фалды». Весной во время токовых полетов он хлопает широкими крыльями и напоминает элегантного джентльмена, который, не прощаясь, по-английски, вдруг — фпр! — взлетел и понесся над полями, выделявая пируэты и звучно хлопая лапами расстегнутого фрака...

Только в европейской части России живет почти миллион чибисов, и вряд ли они попадут в Красную книгу. Однако чибисы исчезают там, где поля, луга и пастбища зарастают бурьяном. Другая причина — неумеренный отстрел в сезон охоты на местах зимовок. Орнитологи в этом году собираются уточнить, как живет чибисам в разных областях России и нужна ли им помощь.

О. Волошина

Пишут, что...



...рассеяние света на статическом газе «кротовых нор» создает специфическое гало вокруг источников света («Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики», 2009, т.90, вып. 9—10, с.663—667)...

...известный американский биолог, основатель «Celera Genomics» Крейг Вентер с коллегами готов приступить к конструированию синтетического генома и созданию нового живого существа («Nature Biotechnology», 2009, № 12, с.1121—1124)...

...Британский медицинский журнал подверг сомнению эффективность тамифлю против осложнений сезонного гриппа («New Scientist», 2009, № 2739, с. 6)...

...созданы искусственные частицы, имитирующие эритроциты человеческой крови («Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 2009, т. 106, № 51, с. 21495—21499)...

...содержание изотопа кислорода <sup>18</sup>O в годовых кольцах деревьев зависит от средней температуры воздуха в соответствующий год, причем данные для разных деревьев лучше совпадают между собой, чем данные по ширине годовых колец («Инженерная экология», 2009, № 6, с.17—26)...

...участок между генами *Recq14* и *Lrrc14* функционирует как двусторонний промотор, включающий экспрессию обоих этих генов («Gene», 2010, т.449, № 1—2, с.103—117)...

...аномальные свойства талой воды могут быть вызваны неравновесной концентрацией водорода и гидроксила, а также малыми размерами надмолекулярных комплексов («Гигиена и санитария», 2009, № 5, с.36—38)...

...чума китообразных — инфекционное заболевание, вызванное морбилливирусами, — может стать причиной массовой гибели дельфинов; симптомы — пневмония, язвенный стоматит,





выбрасывание на берег («Ветеринария», 2009, № 12, с.22—28)...

...спекл-датчики, использующие когерентное излучение, позволяют измерять скорость кровотока и пульсовые волны человека не только неинвазивно, но и неконтактно («Краткие сообщения по физике ФИАН», 2009, № 12, с.26—33)...

...предложен проект работ по открытию и освоению крупных месторождений золота, серебра и меди в северной части Таджикистана («Горный журнал», 2009, № 10, с.31—35)...

...эволюция трав холодных и жарких равнин протекала по двум разным направлениям, отличающимся биохимией фотосинтеза («Журнал общей биологии», 2009, т.70, № 6, с.459—483)...

...исследовано формирование наночастиц оксида железа на молекулах ДНК («Неорганические материалы», 2009, т.45, № 11, с.1370—1376)...

...пользователям из регионов, карты которых имеются в бесплатной навигационной программе «Карты@Mail.ru», нет смысла тратить деньги на коммерческие программные продукты, связанные с GPS-навигацией («PC Magazine/Russian Edition», 2009, № 11, с.61)...

...нанобактерии — не живые организмы, а своеобразные продукты кристаллизации органических и неорганических веществ, но тем не менее они могут воздействовать на здоровье человека («Scientific American Magazine», 2010, № 1, <http://www.scientificamerican.com/>)...

...в Китае отсеквенировали геном панды («Nature», 2009, т. 462, № 7275, с. 833)...

...создан нефтесорбент из карбонизированной лузги подсолнечника («Экология и промышленность России», 2009, № 11, с.4—7)...



Художник С.Дергачев

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Свет и вино

«Попивая искристое кьянти на приеме у герцога Н.», лирический герой Александра Бардодыма попал, как это принято у куртуазных маньеристов, в любовное приключение. Можно предположить, что помещение на упомянутом приеме было освещено свечами или электрическими лампами с желтым светом. А если бы освещение было ярко-зеленым? Или темно-красным? Изменились бы настроение и судьба героев стихотворения? Вполне возможно, поскольку, как установили немецкие ученые во главе с Даниэлем Оберфельдом из майнцского Университета Иоганна Гуттенберга, сам вкус вина связан с цветом освещения («Journal of Sensory Studies», 2009, т. 24, с. 797).

Вообще говоря, психологи давно подозревали, что вкус напитка зависит от его цвета. Но одно дело теоретические выкладки, а другое — практика. Когда одному из соавторов статьи в день святого Патрика официантка подала ярко-зеленое пиво, он сильно удивился, обнаружив, что напиток имеет присущий пиву вкус, только если потрещать его с закрытыми глазами. Есть данные и о том, что напиток, поданный в голубом бокале, лучше утоляет жажду, нежели в красном, желтом или зеленом. Считается, что причину следует искать в сфере эмоций, которые связаны с тем или иным цветом. А раз так, то не только цвет напитка, но и освещение должно играть свою роль.

Чтобы проверить эту гипотезу, доктор Оберфельд с коллегами провел эксперимент с участием посетителей дегустационного зала Аллендорфской винокурни. В зале проделали отверстие, сквозь которое светила лампа того или иного цвета. А напротив поместили зеркало, этот свет рассеивающее. Стены комнаты были выкрашены белой краской, бокалы же поставили черные и непрозрачные, чтобы человек не смог узнать цвет вина.

В опыте приняло участие много народа: по 75 мужчин и женщин в возрасте от 20 до 79 лет. Оказалось, что наименее приятно пить вино (а подавали им один и тот же рислинг) при зеленом и белом свете. А вот красный и синий делают напиток особенно вкусным. Более того, красный свет оказался лидером в ценообразовании: если человек пробовал вино при таком освещении, то он был готов купить бутылку за шесть евро, а при зеленом или белом свете — только за четыре. Конкретные же параметры винного вкуса — сладость, горечь, фруктовость и другие, столь же дорогие сердцу дегустатора, от цвета освещения никак не зависели. Отсюда следует вполне традиционный вывод: много еще тайн кроется в человеческой психике.

С.Анофелес



# Не боги горшки обжигают

**П**опробуйте отгадать старинную русскую загадку: «Был я на копанце, был я на топанце, был я на кружале, был я на пожаре, был я на обваре. Когда молод был, то людей кормил, а стар стал, пеленаться стал». Это — глиняный печной горшок. Сначала он был просто глиной, которую гончары копали из ям или карьеров — «копанцев». «Топанец» — ровная площадка, посыпанная песком, где глину долго мяли, топтали ногами, пока она не превращалась в однородную массу. Затем на «кружале» — гончарном круге — ей придавали форму. После сушки заготовка горшка отправлялась на «пожар» — на обжиг в печь, горн, а то и на костер. Последняя стадия процесса — «обвар»: еще горячий горшок окунали в молочную сыворотку или овсяный кисель, отчего он становился прочнее. Потом горшок кормил и поил людей, а когда становился «стар», например трескался, заботливые хозяйки перевязывали его полосками распаренной бересты — «пеленали», — и он еще долго служил в домашнем хозяйстве.

Глина — прекрасный и удивительный материал, подаренный человеку природой. Различных видов глин на Земле известно около шестидесяти. По химическому составу это гидроалюмосиликаты ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Обожженная на огне глина, твердая и крепкая, как камень, стала первым искусственным материалом, произведенным человеком, и получила название «керамика» (от греч. «керамос» — глина).

С эпохи неолита (около 5 тысяч лет до н. э.) развивалось гончарное ремесло. Сам термин «гончарный» произошел от слова «горн». Так назывались печи с несколькими поддувалами и двумя отделениями: одно для топлива, другое для обжигаемого изделия. Температура обжига в горне достигала небывало высоких значений по тем временам: 700–900°C. Сейчас керамику обжигают в электрических, так называемых муфельных, печах с температурой обжига 1200–1400°C.

Предметы хозяйственной утвари, плитки, кирпичи, черепицу находят в большом количестве и в хорошем состоянии при археологических раскопках, ведь глина отлично сохраняется: не окисляется, не горит и не гниет. Первая «бумага» тоже была глиняной. Обожженные глиняные таблички сохранили для нас древнейшие документы, светские поэмы, религиозные стихи. Гончарный круг, изобретенный в третьем тысячелетии до нашей эры, позволил резко улучшить качество изделий: посуда становится тонкостенной, изящной, на ней появляются глазурь и декор — украшения в виде росписи, гравировки, тиснения.

Мастера Древнего Египта, Ассирии, Вавилона, Греции, Китая умели делать великолепные чаши, блюда и сосуды для воды, статуэтки, цветные бусы и пуговицы — настоящие произведения искусства, которые теперь украшают музейные экспозиции. Сейчас многие секреты древних утрачены. Например, недавно в Китае при раскопках найдены две большие вазы-хамелеоны, покрытые необычной белой глазурью: если в вазу налить воду, глазурь начинает менять цвет, а когда вода вылита, вновь становится белоснежной. Тайна этой глазури до сих пор не разгадана.

И на Руси работали талантливые гончары, прославившие русскую керамику. В каждом доме были замечательные глиняные кувшины,

*Н.В.СУХИХ, Москва: Ультрамарины бывают различных оттенков, от зеленого до фиолетового, хотя наиболее известен, конечно, синий; общая формула этих пигментов  $n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2) \cdot \text{Na}_2\text{S}_x$  ( $n$  и  $m = 2-3$ ,  $x = 1-5$ ); причем цвет зависит от полисульфидов натрия.*

*А.Л.СОКОЛОВСКОЙ, Воскресенск: Блестки для красок (глинтеры) представляют собой мелкие кусочки блестящей пленки — алюминиевой с покрытием из эпоксидной смолы или полиэфирной.*

*М.С.ПАСТУХОВУ, Санкт-Петербург: «Теплая» штукатурка содержит гранулы теплоизолирующего материала, например пенополистирола, вспученного вермикулита, перлитовый песок или опилки.*

*А.Д.ВАЛУЕВУ, Ижевск: Шелковистые пятнышки на деревянной стене — плохой признак: это может быть домовый гриб, он же сухая гниль, крайне вредный разрушитель древесины; пораженный грибком участок лучше всего удалить, а помещение при удобном случае обработать специальным противогрибковым средством, если еще не поздно.*

*В.П.АРХИПОВУ, Кемерово: Рыжиковое масло получали не из гриба, а из рыжика посевного (*Myagrut sativum* L.) — это яровое масличное растение сейчас в России не возделывается.*

*Н.М.ЗАЙЧИК, Томск: В итальянском рецепте слово орзо может означать вовсе не ячмень, а разновидность макарон, похожих на зернышки, отсюда и малое время варки.*

*Э.М.АРТМОВУ, Одесса, и другим украинским читателям: Мы согласны, что годовая подписка на «Химию и жизнь» за 906 гривен, или около 120 долларов, — это дорого, и нам самим не хочется с вами расставаться; со своей стороны можем только еще раз напомнить о существовании электронной версии журнала.*

**ПИСАТЕЛЯМ-ФАНТАСТАМ:** Конкурс фантастического рассказа «Химии и жизни» обязательно состоится и в этом году, но, возможно, из-за большого наплыва участников правила будут несколько изменены.



художник Е. Станиславов

#### МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

кубышки, рукомои, маленькие горшочки-махотки, квасники, кумочки, корчаги и горлачи. Столовую посуду расписывали ангобами – жидкой тонкоизмельченной глиной, подкрашенной цветными пигментами, покрывали стекловидной поливой – так называли глазурь. Много производилось чернолощеной посуды. Не до конца просушенные заготовки обрабатывали до зеркального блеска «лощилом» (гладким отполированным камнем) и обжи-

гали на коптящем пламени от смолистых веток хвойных деревьев. Такая посуда приобретала необыкновенно красивый бархатный черно-серебристый цвет.

Представьте себе, как под тихое мерное жужжание гончарного круга в чутких руках мастера медленно движется, как будто танцует, комок глины, и вдруг в нем начинают вырисовываться изящные очертания будущего горшка или кувшина. Достичь красивой, идеально

гармоничной формы могут только истинные художники. Люди верили, что посуда, согретая творческим теплом человеческих рук, несет в себе таинственное божественное начало, и поэтому в глиняной крынке молоко долго не прокисает, квас остается прохладным в жару, и нет вкуснее варенца, чем тот, который приготовлен в русской печи в глиняном горшке.

**М. Демина**



**19–22 апреля 2010 года**  
**Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»**



# 11 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА **ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ** HIGH TECHNOLOGY OF **XXI ВЕКА**

- нанотехнологии и новые материалы
- биотехнологии и медицина
- энергоэффективность и энергосбережение
- экология
- авиационно-космические технологии
- телекоммуникационные системы
- стратегические информационные технологии
- неогеография
- радиоэлектроника
- машиностроение

**ПРИГЛАШАЕМ  
К УЧАСТИЮ**

[www.vt21.ru](http://www.vt21.ru)

Устроитель: ООО «ЭКСПО-ЭКОС»

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >

Информация по телефонам: **(495) 332-3595, 332-3601**