



4

2012

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ







Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег.№ 014823

# Содержание

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**

Б.А.Альтшuler,  
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 29.03.2012

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

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



**НА ОБЛОЖКЕ** — рисунок А.Кукушкина  
**НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ** —  
работа Жюльена Канавезеса. Когда-то  
в величайшей пустыне мира шумели леса  
и лили дожди. Как хотелось бы всё это  
вернуть! Читайте об этом в статье  
«План превращения Сахары в море».

**Проблемы и методы науки**

В ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ТАКОГО ЕЩЕ НЕ БЫЛО. А.Г.Вишневский ..... 2

ВЗГЛЯД НА ЗЕМЛЮ С DEMOSCOPE.RU. В.Лешина ..... 6

СМЕРТНОСТЬ В РОССИИ. В.М.Школьников ..... 7

РОЖДАЕМОСТЬ В РОССИИ. С.В.Захаров ..... 8

НЕ ПОЧИВАТЬ НА ЛАВРАХ. М.М.Левицкий, Д.С.Перекалин ..... 12

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕРМОДИНАМИКАМ. Л.Намер ..... 17

**Технологии**

ВЕСЕЛЯЩИЙ ГАЗ НА ОРБИТЕ. В.А.Закиров ..... 18

**Нанофантастика**

АБОРДАЖ. Оксана Романова ..... 22

**Фотоинформация**

РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ МИРОБОТА. А.Мотыояев ..... 24

**История современности**

СВЕРХПРОВОД. С.М.Комаров ..... 26

**Технологии**

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ И ТЕХНОСФЕРА. С.М.Комаров ..... 30

ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХПРОВОДНИКА ..... 32

**Радости жизни**

МАРСИАНСКАЯ СТАНЦИЯ НА ЗЕМЛЕ. А.В.Хохлов ..... 34

**События**

ЖУРНАЛУ «ПРИРОДА» — 100 ЛЕТ ..... 36

**Планета Земля**

ПЛАН ПРЕВРАЩЕНИЯ САХАРЫ В МОРЕ. Г.А.Томсон ..... 36

КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ Г.А.ТОМСОНА. Л.П.Белянова ..... 39

**Земля и ее обитатели**

НОГИ ЧИЩЕ С КАЖДЫМ ШАГОМ. Н.Л.Резник ..... 42

**Научный комментатор**

ДАЙ ПЕСИКУ ПЕЧЕНЬЯ. Е.Котина ..... 46

**Расследование**

ЗЕБРОИД ДЛЯ КРАСНОЙ АРМИИ. Григорий Панченко ..... 48

**Что мы едим**

БАРАНИНА. Н.Ручкина ..... 54

**Фантастика**

ХАЙЛЕ. Ашэ Гарридо ..... 56

**Имена минералов**

ХИМИКИ, ФИЗХИМИКИ И ОДИН МАТЕМАТИК. И.А.Леенсон ..... 64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	10	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	23, 41	ПИШУТ, ЧТО...	62
С МИРУ ПО НИТКЕ	41	ПЕРЕПИСКА	64



# В демографической истории такого еще не было

Доктор экономических наук

**А.Г.Вишневский,**

директор Института демографии  
НИУ ВШЭ

Демографическая революция, свидетелями которой мы стали, известна прежде всего демографическим взрывом. Иными словами, небывалым увеличением численности населения развивающихся стран и всего мира, которое произошло из-за резкого снижения смертности при сохранении высокой рождаемости. Но последствия демографической революции намного шире и глубже, поскольку она влияет абсолютно на все: на экономику и политику стран, на жизнь каждого человека, на семейный уклад и систему ценностей. И удивительно, как мало людей сегодня понимают, что происходит в демографической сфере и насколько это важно.

*Если промышленная или научно-техническая революция, по Энгельсу, означают переворот в «производстве средств к жизни: предметов питания, одежды, жилища и необходимых для этого орудий», то демографическая революция — это переворот в производстве самого человека, продолжении рода.*



## Вторая демографическая революция

Подавляющее большинство людей знакомы с демографической историей куда меньше, чем, скажем, с историей политической или экономической. Ее важность осознали лишь недавно, да и исследовать ее оказалось нелегко, поскольку материальных следов почти не осталось. Все же в XX веке стало возможным нарисовать эскиз демографического развития человечества. Это была медленная эволюция с двумя скачками, двумя демографическими революциями.

Первая из них произошла в эпоху неолита (10—15 тысяч лет назад), когда люди открыли для себя сельское хозяйство и на смену охоте и собирательству пришли скотоводство и земледелие. До этого воспроизведение человечества мало отличалось от размножения популяций животных. Теперь же резкое повышение производительности при производстве продуктов питания, улучшение жилищ, расширение знаний об окружающем мире, оседлость и изменение социальных отношений кардинально повысили защищенность человеческой жизни. Возник новый тип воспроизведения населения: его иногда называют «примитивным», но на самом деле он был намного выше донеолитического. Новый тип сделал возможным рост населения, его расселение по всему земному шару и концентрацию в крупных поселениях.

Численность человечества стала увеличиваться, но если судить по сегодняшним меркам, то до самого последнего времени она росла черепашьими шагами. Смертность была очень высокой и уравновешивалась высокой рождаемостью с очень незначительным и ненадежным избыtkом. Например, население Европы за первое тысячелетие новой эры не увеличилось вовсе. В целом за 10—15 тысяч лет — с начала неолитической революции до начала XIX века — все население планеты выросло примерно до 1 миллиарда человек.

Сейчас, как известно, нас больше 7 миллиардов, причем 6 миллиардов прибавились за последние 200 лет (а по большей части за 100 лет). Это — результат второй демографической революции, начавшейся в Европе примерно в конце XVIII века. Она совпала с переходом от сельских и аграрных обществ к городским, индустриальным и постиндустриальным, причем этот процесс постепенно охватил весь мир. Первым и решающим актом этой революции стало преодоление традиционного уровня смертности. В эпоху «примитивного» типа воспроизведения населения средняя продолжительность жизни колебалась от 20 до 30 лет, чаще приближаясь к нижнему пределу под влиянием эпидемий, голодных годов и войн. Это означает, что около 30% новорожденных не доживали до года, меньше половины доживали до 20 лет и меньше 15% — до 60 лет. Лишь накануне второй демографической революции средняя продолжительность жизни привилегированной части населения некоторых европейских стран превысила 30 лет.

Чтобы произошел революционный скачок в снижении смертности, кардинальные изменения должны были произойти и в условиях жизни людей. Промышленный переворот XIX века, успехи сельского хозяйства, развитие транспорта и торговли привели к постепенному прекращению острых вспышек голода, которые уносили тысячи жизней (последний раз в европейской

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

истории это произошло в Ирландии в 1846 году, тогда погибли около миллиона человек). Огромную роль в снижении смертности сыграло развитие медицины, которая сама пережила в то время революцию. Началось все с открытия Эдвардом Дженнером в конце XVIII века вакцины от оспы, которое положило начало серии блестящих достижений медицинской науки — вплоть до открытия антибиотиков в середине XX века. Постепенно Европа избавилась от грозных спутников Средневековья — оспы и чумы, потом были подавлены свирепствовавшие еще в XIX веке холера и тиф. Справились с дифтерией и другими детскими болезнями, научились лечить малярию, желтую лихорадку, туберкулез и многие другие заболевания, приносившие смерть огромному количеству людей.

Уже к концу XIX века средняя продолжительность жизни в большинстве европейских и в некоторых неевропейских странах достигла 40—50 лет. В XX веке средняя продолжительность жизни выросла намного, сегодня в европейских странах, в США и в Японии этот показатель выше 80 лет. При такой продолжительности жизни в возрасте до года дети почти не умирают, свыше 95% родившихся доживают до 30 лет, и свыше 75—80% — до 70.

Огромное снижение смертности имело множество разнообразных последствий — экономических, социальных, культурных. Но в контексте собственно демографической революции нас прежде всего интересует влияние снижения смертности на рождаемость. Существует устойчивый миф о том, что в прошлом все семьи были многодетными. Но если бы это было в действительности, то население Европы или России росло бы такими темпами, какими сейчас растет население Африки, чего на самом деле, конечно, не происходило. В этом мифе многодетность путают с высокой рождаемостью. Рождаемость и в самом деле была высокой (5—7, а то и более детей на одну женщину), но это был ответ на высокую смертность. Выживали же в среднем примерно столько же детей, сколько и сейчас, в лучшем случае — немногим больше двоих детей на семью. Массовая многодетность могла появиться лишь тогда, когда стала снижаться смертность. И когда такой сдвиг действительно наметился, то первыми почувствовали нарушение тысячелетнего равновесия рождаемости и смертности более зажиточные семьи в Западной Европе, а за ними и все остальные. Семьи столкнулись с проблемами сохранения статуса, дробления наследства, земельных участков и стали искать способы восстановления нарушенного равновесия.

## Демографический взрыв

Разбалансирование рождаемости и смертности вначале было осознано, пусть и интуитивно, на микроуровне — то есть на уровне семьи. Осмысление же истинных масштабов проблемы пришло только тогда, когда результаты ярко проявились на макроуровне, то есть на уровне населения целых стран и в конечном счете — всей Земли. Только тогда в сознании исследователей сложилась общая картина нарушения и

восстановления демографического равновесия, а также понимание, что происходит демографический переход. Переход от равновесия «высокая смертность и высокая рождаемость» к равновесию «низкая смертность и низкая рождаемость».

Подобная перемена не может произойти сразу, она охватывает жизнь нескольких поколений. Иначе говоря, это довольно длительный период, во время которого существуют промежуточные, переходные формы воспроизведения населения. Она проходит через две основные фазы: фазу снижения смертности и фазу снижения рождаемости. Чтобы переход завершился, должно снизиться и то и другое. Но как именно происходит снижение, его скорость, как быстро оно распространяется на различные слои общества — все это зависит от конкретных исторических факторов, в том числе социального строя отдельно взятой страны. Поэтому демографический переход в разных странах протекает по-разному и с разной скоростью.

Обычно (хотя бывают и исключения) снижение рождаемости начинается спустя длительное время после начала первой фазы — снижения смертности. Стало быть, какое-то время уже снизившаяся смертность существует со все еще высокой рождаемостью. Тогда-то и происходит демографический взрыв — чрезвычайно быстрое увеличение численности населения. Потом, во второй фазе перехода, снижение рождаемости догоняет низкую смертность (а иногда и обгоняет ее), рост населения замедляется, а может даже прекратиться или смениться его убылью. По сути в такой убыли нет ничего страшного: ускоренный рост во время перехода дает избыток численности, который смягчает потом постепенный переход к окончательному равновесию. Но это схематическая картина, в реальной жизни все может быть сложнее и противоречивее.

Как показывает исторический опыт, могут реализоваться различные схемы демографического перехода. Например, Франция (и это почти исключительный случай) не знала демографического взрыва, поскольку там обе фазы перехода начались практически одновременно. Примеры второго типа дают Великобритания, Швеция и другие страны Западной Европы. Здесь снижение смертности началось тогда же, когда и во Франции, а снижение рождаемости — на сто лет позже. Этим объясняется европейский демографический взрыв, который начался в середине XIX века. К тому времени смертность в Европе снизилась все же не так сильно, поэтому масштабы взрыва были несопоставимы с нынешними в развивающемся мире. Тем не менее взрыв был, и он внес немалый вклад в заокеанские миграции европейцев во второй половине XIX — первой половине XX века. Сейчас во всех европейских странах переход давно завершен, а рождаемость не обеспечивает даже простого воспроизведения населения.

Наконец, третий тип демографического перехода мы видим в наши дни на примере развивающихся стран. Смертность там снижается очень быстро, и во многих из них сейчас она значительно ниже, чем в Европе в XIX веке. А вот вторая фаза перехода даже не везде еще началась. Поэтому превышение рождаемости над смертностью достигает огромных размеров, а демографический взрыв настолько мощный, что человечество перевалило за семь миллиардов и, как ожидается, к 2100 году достигнет десяти.

Стремительный рост населения ложится тяжелым бременем на экономику развивающихся стран и затрудняет социально-экономические преобразования. Как правило, правительства этих стран понимают необходимость снижения рождаемости — иным способом нельзя остановить демографический взрыв. Но традионалистские общества этих стран не готовы к столь стремительным переменам, поэтому снижение рождаемости в них идет медленнее, чем хотелось бы руководителям. Хотя, конечно, и там ситуация меняется. Еще недавно существовало четкое деление на развитые страны, озабоченные своей низкой рождаемостью,

и развивающиеся страны, испытывающие перегрузки от высокой рождаемости. Но постепенно границы стираются, многие развивающиеся страны по показателям рождаемости приближаются к развитым. Даже если не брать страны с активной «антинаталистской» политикой (Китай или Иран), рождаемость снижается почти повсюду. Пока выбивается из общей картины только Африка. Конечно, разные страны отличаются друг от друга, но в среднем по Азии или Латинской Америке коэффициент суммарной рождаемости (число детей на одну женщину) в 2005—2010 годах был 2,3 ребенка, тогда как в Африке — 4,6, то есть вдвое больше.

Последствия демографической революции и сопровождающего ее демографического взрыва имеют массу близких и удаленных последствий, и все они очень важны. О многих можно прочитать в книгах и статьях, которые выложены на сайте [www.demoscope.ru](http://www.demoscope.ru). Но здесь я хотел бы отдельно остановиться на последствиях демографического перехода на микроуровне, то есть на уровне семьи и каждого из нас.

## «Второй демографический переход»

Снижение рождаемости в ответ на снижение смертности — единственно возможный путь к восстановлению нарушенного демографического равновесия. Но этот путь, в прошлом совершенно не нужный и потому никому не известный, должен был кто-то проложить. Это сделала европейская семья, первой ощущившая признаки нарушения традиционного баланса. Именно Европа, точнее, Западная Европа стала той лабораторией, где опробовались разные способы регулирования рождаемости.

Все эти способы так или иначе затрагивали казавшиеся незыблемыми принципы организации семейной жизни. Традиционная семья всегда была главным институтом, обеспечивающим производство потомства. На то, чтобы обеспечить выполнение этой важной для общества миссии, были направлены культурные и религиозные нормы, светские законы, моральные заповеди. Все они, как правило, строго охраняли сцепленность и неделимость трех видов поведения: брачного, сексуального и репродуктивного. Брак был обязательен, секс без брака рассматривали как преступление, добрачное рождение ребенка было позором для женщины, а регулирование рождаемости в браке — недопустимым грехом. В жизни все эти правила нарушались (иногда законно, иногда нет): существовали и монашеское безбрачие, и прелюбодеяние, и проституция, и искусственные выкидыши, но все это были «особые случаи». Большинство людей следовали общепринятым нормам семейного поведения и рожали, сколько могли.

Первые попытки ответа на изменившуюся ситуацию не покушались на сложившуюся нормативную систему — напротив, они были направлены на то, чтобы ее сохранить. Наверное, первым, кто выказал обеспокоенность нарушением баланса рождений и смертей, был английский ученый Томас Мальтус (1766—1834), хотя за этим стояла скорее интуиция, чем ясное понимание происходящего. Мальтус предлагал изменить поведение семей и усилить «предохранительные» препятствия, к которым он относил «воздержание от супружества, сопровождаемое целомудрием». Он рекомендовал своим соотечественникам поздние браки — в 28 или 30 лет. Но по сути речь шла об уже сложившейся практике. В Средние века в Европе, как и везде, было принято вступать в брак в подростковом возрасте, но к XVIII веку уже сформировался новый, «европейский» тип брачности — поздней и не всеобщей. То есть именно такой, к какой призывал Мальтус. Европейская семья давно стихийно приспособилась к менявшимся условиям, Мальтус лишь назвал вещи своими именами.

Но этот «мальтузианский» европейский способ работал лишь до тех пор, пока смертность, пусть и снижавшаяся, оста-

валась все же еще достаточно высокой. В XIX веке этого было уже недостаточно, а в XX веке — бессмысленно. Если европейская женщина выходила замуж в первый раз в 25—30 лет, то при соблюдении традиционных норм поведения она все равно успевала родить в среднем четырех-пятерых детей. В XVIII веке примерно половина родившихся девочек доживала до среднего возраста матери, то есть ей на смену приходили столько же или чуть больше матерей семейств. Население росло быстрее, чем раньше, но разница была еще не очень заметна. В XIX же веке доля выживавших детей стала быстро увеличиваться, и начался стихийный поиск новых способов поддержания ускользавшего демографического равновесия.

Тогда-то и возникло так называемое неомальтизианство. Его главная идея — снижение рождаемости в браке, а это уже было вызовом вековым нормам. Речь зашла о том, чтобы разрубить казавшуюся неразрывной связь между сексуальным и репродуктивным поведением, а также предотвращать либо прерывать беременности. Здесь важна не техническая сторона разделения секса и производства потомства — она была известна и раньше, но всегда имела ограниченное распространение. Теперь же стал вопрос о культурной «легитимации» этого разделения. Автономное, отделенное от воспроизводства потомства сексуальное поведение как массовое явление противоречило всему прошлому опыту человечества. Однако небывалое снижение смертности не просто создало возможность такой «автономизации», но сделало ее необходимой. Если бы при снижении смертности прежняя сцепленность сексуального и репродуктивного поведения сохранялась, то мы имели бы демографический взрыв абсолютно во всех, а не только в развивающихся странах, и притом намного больший, чем нынешний.

Поначалу в Англии XIX века пропаганду отделения секса от зачатия или рождения детей воспринимали как экстравагантную и неприличную затею. А сегодня в Китае, Индии, Иране и во многих десятках других развивающихся стран торопятся внедрить это как можно скорее. Правительства добиваются этого всеми возможными путями, иногда сильно рискуя своей популярностью, а иногда получая общественную поддержку (в том числе и от религиозных авторитетов). Например, в Иране после исламской революции само духовенство стало проповедовать малодетность, и сейчас там рождаемость близка к европейской.

Если снижение смертности требует разрушения триады брачного, полового и репродуктивного поведения, то становятся бессмысленными все семейные правила, которые существовали раньше. Действительно, если секс не привязан жестко к рождению детей, то почему он должен быть привязан к браку? Почему брак должен быть привязан к производству потомства, а не может рассматриваться как самостоятельная ценность? Почему не может быть самостоятельной ценностью секс?

Вольно или невольно, явно или неявно эти вопросы задают себе сотни миллионов и миллиарды людей, которые осознают новизну ситуации. Новые поколения начинают вести себя по-другому, но, поскольку никто не знает, как именно надо себя вести в новой ситуации (ведь нет за плечами предыдущего тысячелетнего опыта), они оказываются в состоянии поиска. Поиска новых форм организации своей индивидуальной и семейной жизни.

Этот поиск методом проб и ошибок происходит уже на протяжении жизни нескольких поколений. Идет отбор наиболее конкурентоспособных форм взаимоотношений, причем, поскольку они новые, даже нельзя сразу сказать, имеют ли они окончательный или промежуточный характер. Оценить происходящие перемены, установить, что хорошо, а что плохо, нелегко, так как прежние критерии не годятся.

То, что сексуальное поведение стало самостоятельным, очевидно повышает его ценность. Союз мужчины и женщи-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ны становится в одних случаях более прочным, а в других — более поверхностным, не требующим официального оформления брачных уз. Новый смысл приобретает поиск долговременного партнера, но с другой стороны, поникаются требования к кратковременным сексуальным партнерам. Такие связи воспринимаются и самими партнерами, и социальным окружением как подготовка к браку, как эпизоды на пути проб и ошибок, что было совершенно несвойственно для традиционного брака, не признававшего права на ошибку.

Раньше традиционная семья предоставляла человеку единственный и однотипный вариант организации его частной жизни. В современных условиях перед ним огромное разнообразие обсуждаемых обществом вариантов. Возраст полового дебюта перестал совпадать с возрастом вступления в брак, момент начала фактического брака отделяется от момента регистрации, время зачатия или рождения детей становится мало связанным с регистрацией брачных отношений. Существуют браки, которые не регистрируют, но они от этого не перестают быть таковыми, и естественной частью этого списка становятся и однополые браки или сожительства. Теперь есть браки сознательно бездетные, малодетные и многодетные. Дети также рождаются как в браке, так и вне брака, партнеры нередко имеют детей от разных браков, и дети поддерживают отношения с обоими родителями, ощущая себя членами двух новых семей, образовавшихся после развода. Кроме того, новые репродуктивные технологии — экстракорпоральное оплодотворение, в том числе с использованием донорского генетического материала, суррогатного материнства — дают массу новых вариантов родительства. Получается очень сложная мозаичная картина. Репродуктивное поведение не только отделилось от сексуального, но и усложнилось.

Все эти происходящие с семьей перемены иногда объединяют термином «второй демографический переход» (его предложили бельгиец Рон Лестег и голландец Дирк ван де Каа), однако по сути это просто более поздний этап всего же общего демографического перехода от одного типа демографического равновесия к другому.

Куда ведет этот этап? Пока непонятно. Но совершенно очевидно, что семья меняется очень основательно и, видимо, поиск будет продолжаться еще долго. Ведь предыдущие формы семейных отношений складывались тысячелетиями, а становление нынешних почти не имеет истории. Хотя поиск и ведет все человечество, но каждому отдельному человеку приходится самостоятельно делать моральный выбор, балансировать между старыми и новыми ценностями и нередко принимать болезненные решения. В этой ситуации не надо метать громы и молнии по поводу каждого неожиданного поворота событий. Самое простое — предложить ничего не менять, вернуться к «традиционным семейным ценностям» или еще что-нибудь в этом роде. Но когда человек оказывается в исторически небывалых обстоятельствах и вступает в область неизведанного, всегда особенно опасен тот, кто «знает, как надо».

# Взгляд на Землю с Demoscope.ru

В.Лешина

## Сколько нас было, есть и будет

По оценкам специалистов ООН, в начале нашей эры на Земле проживали около 0,3 миллиарда человек. Долгое время численность росла незначительно, за периодами роста нередко следовали периоды сокращения населения из-за войн, голода и эпидемий. Потребовалось 16 столетий, чтобы численность населения мира удвоилась и достигла 0,6 миллиарда человек. Рубеж в миллиард человечество преодолело в 1804 году, а двухмиллиардный — в 1927-м. В XIX веке начался очень быстрый рост населения, «демографический взрыв», и к 1950 году численность населения мира превысила 2,5 миллиарда человек.

По данным ООН за 2010 год, 20 октября 1959 года на Земле жили 3 миллиарда человек, 21 января 1987 года — 5 миллиардов, рубеж в 7 миллиардов человечество преодолело 31 октября 2011 года, а к 18 февраля 2043 года нас будет 9 миллиардов (рис. 1). Население будет расти до конца текущего столетия, но в последней трети века рост сильно замедлится и, скорее всего, стабилизируется на уровне около 10 миллиардов.

Если же реализуется высокий вариант прогноза рождаемости, то население мира будет увеличиваться на миллиард каждые 10—11 лет нашего века.

## Население растет только за счет развивающихся стран

Население мира растет, а население многих стран при этом снижается. Развитые страны в Европе, Северной Америке (США и Канада), а также Австралия, Новая Зеландия и Япония — дают всего лишь 3% ежегодного прироста населения мира (некоторые только за счет миграции). В результате их доля в общей численности населения мира стремительно сокращается. В 1950 году доля населения развитых стран составляла примерно 33%, в начале XXI века стала 19,0%, а к середине века упадет ниже 14% (рис. 2).

Конечно, прирост населения будет сильно различаться по регионам и странам мира. Например, тенденция такова, что к 2050 году демографы ожидают уменьшение доли населения Азии (с 60 до 58%) и Европы (с 12 до 7%), зато доля

населения Африки возрастет (с 13 до 20%). Доля Северной и Латинской Америки, Австралии и Океании останется неизменной (5,9 и 1% соответственно).

В этой ситуации важную роль будет играть миграция населения. Миграционное давление всегда было, и оно будет увеличиваться просто по закону сообщающихся сосудов.

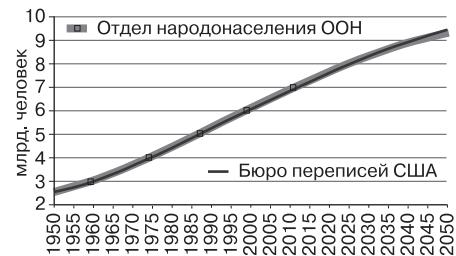
Тройка стран-лидеров по численности останется неизменной, только Китай к 2050 году уступит первенство Индии, а третье место сохранит за собой США. Но в соответствии с тенденцией изменится основной список стран с наибольшей численностью населения — например, Россия переместится во вторую десятку крупнейших стран мира. Хотя еще в 1950-х годах она входила в четверку стран с численностью населения больше 100 миллионов человек.

## Рождаемость и смертность будут снижаться

Два важнейших демографических показателя — рождаемость и смертность — снижаются по всему миру. Экономическое развитие, реализация программ здравоохранения, улучшение производства и распределения продуктов питания, лучшее обеспечение водой и улучшение санитарных условий привели к резкому снижению смертности, а затем (в соответствии с демографическими законами) и рождаемости.

Несмотря на тенденцию к снижению, общие коэффициенты рождаемости и смертности по странам меняются в широких пределах. При этом они показывают не только интенсивность рождаемости и смертности, но и возрастной состав населения. В качестве интегральной характеристики рождаемости используют коэффициент суммарной рождаемости — показатель, не зависящий от половозрастной структуры населения и характеризующий средний уровень рождаемости в данный календарный период (итоговое число рождений в расчете на одну женщину от 15 до 49 лет).

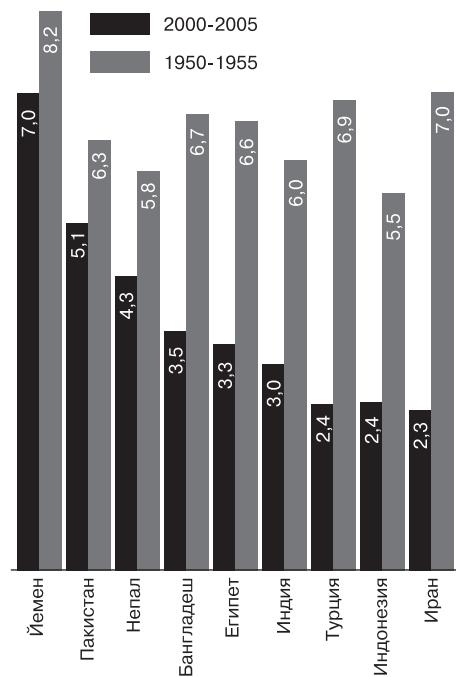
Сегодня этот коэффициент колеблется от 0,9 на Тайване до 7 в Нигере. В 78 из 208 стран, в которых проживает 46% населения мира, уровень рождаемости не обеспечивает простого воспроизводства поколений, поскольку составляет



1  
Оценки численности населения мира в период 1950–2050 годов.  
Средний вариант прогноза ООН в миллиардах человек на середину года



2  
Изменение численности населения развитых и развивающихся стран (1950–2050 годы)



3  
Снижение рождаемости в странах с высокими показателями, 1950–2005 годы  
(среднее число детей на одну женщину)

2 и менее ребенка на одну женщину. В целом по развитым странам коэффициент суммарной рождаемости составляет 1,5 ребенка на женщину, и даже в США, до последнего времени остававшихся единственной развитой страной с уровнем выше простого воспроизводства, он опустился в 2003 году до 2,034 (для простого воспроизводства нужно 2,1—2,2).

В 76 странах, в которых проживают 19% населения мира, суммарный коэффициент рождаемости — от 3 детей на женщину и выше. В развивающихся странах этот показатель составляет в среднем 3,1, а без Китая — 3,5.

Тем не менее и в развивающихся странах растет доля желающих ограничить число детей двумя. Число стран, в которых коэффициент суммарной рождаемости превышает 4 ребенка на женщину, сократилось за 1975—2005 годы со 129 до 56. В 28 развивающихся странах он опустился до уровня простого воспроизводства. Однако снижение рождаемости за последние полвека идет разными темпами (рис. 3).

Самые большие изменения произошли в смертности. Для родившихся в настоящее время ожидаемая продолжительность жизни составляет 65 лет, что на 9 лет больше, чем было для родившихся в конце 1960-х годов. Наибольший прирост продолжительности жизни за это время произошел в Азии — с 54 до 67 лет. Очевидно, что этот показатель существенно различается по регионам, варьируя в среднем от 76 лет в развитых странах до 49 лет в Африке.

## Население мира стареет, а старение феминизируется

Сегодня 29% жителей планеты еще не достигли возраста 15 лет, а 10% — перешагнули рубеж в 60 лет. Но в развивающихся странах население моложе, чем в развитых.

В среднем приблизительно треть на-

селения развивающихся стран младше 15 лет, тогда как в развитых — только 18%. Но разброс огромен: доля детей в возрасте до 15 лет варьирует от 12% в отдельных районах Китая (в Гонконге и Макао) и 13% в Германии и Японии, до 49% в Нигере, Мали и Уганде. А во многих африканских странах, расположенных южнее Сахары, молодежь до 15 лет — это около половины населения. При этом в развитых странах удельный вес пожилых людей (60 лет и старше) — 20% (24% в Монако и Японии), а в развивающихся странах это только 8% населения (в Катаре и Объединенных Арабских Эмиратах от 1%).

Происходит быстрая феминизация старения. Несмотря на то что женщины составляют половину населения мира, в старших возрастных группах их заметно больше. К 2025 году среди 60-летних (и старше) женщин будет 54%, а среди 80-летних — 63%.

## Мир становится городским и грамотным

Люди перебираются жить в города. Если в середине прошлого века в них проживали примерно 30% жителей Земли, то в начале XXI столетия — уже 47%.

Но это в целом. А по странам цифры различаются в разы: более 70% населения развитых стран, а также стран Латинской Америки и Карибского бассейна — горожане, в то время как в Африке и Азии их менее 40%. Но и там к 2030 году доля городского населения превысит 50%, а в целом по миру достигнет примерно 60%.

Самые большие города мира быстро увеличиваются в размере и перемещаются из более развитых в менее развитые регионы. В 1960 году самыми большими городами мира были Нью-Йорк (14 млн человек), Токио (11 млн) и Лондон (9 млн). К 2000 году только Токио, в котором проживали 26 миллионов человек, остался в тройке крупнейших городов мира, а кроме него в эту тройку вошли также Мехико и Сан-Паулу, насчитывающие по 18 миллионов жителей. К 2015 году, как ожидается, крупнейшим городом останется Токио, население которого достигнет 27 миллионов человек. Следующими за ним по величине будут Бомбей и Дакка с 23 миллионами жителей каждый.

Почти все мужчины и женщины в развитых странах умеют читать и писать, а в развивающихся странах уровень грамотности гораздо ниже. Особенно плохо дело обстоит у женщин, среди них обучены грамоте: 51% в Африке, 68% в Азии и 88% в Латинской Америке и странах Карибского бассейна. Наиболее заметны различия между мужчинами и женщинами в арабских и североафриканских странах, где доля грамотных мужчин около 3/4, а женщин — не достигает и половины.

[Demoscope.ru](http://Demoscope.ru) — замечательный профессиональный сайт, на котором, в частности, каждую неделю публикуется бюллетень *Демоскоп Weekly*. За его издание отвечает Институт демографии Государственного университета «Высшая школа экономики». На сайте также можно найти множество интересных книг и статей по демографии.



продолжительность жизни). Согласно одной версии, смертность после 1965 года начала расти потому, что инфекционные болезни и детская смертность уже снизились, а на первый план вышли сердечно-сосудистые заболевания, рак, дорожно-транспортные происшествия, которые требуют оздоровления всего образа жизни людей и гораздо более сложных и дорогостоящих методов лечения. В 1984 году отставание от Запада по продолжительности жизни уже составляло 12 лет у мужчин и 6 лет у женщин. После 1985 года смертность продолжала расти до 2004-го, но с двумя резкими колебаниями (рис. на след. странице).

Почему-то принято ругать антиалкогольную кампанию 1985 года, а между тем она сопровождалась резким ростом продолжительности жизни. Потом, в начале 1990-х, алкоголь стал намного доступнее, чем даже до антиалкогольной кампании, что в сочетании с растущим социально-психологическим стрессом от реформ снова дало резкое падение продолжительности жизни. В 1995 году она вроде бы начала расти, но после кризиса

# Смертность в России

Кандидат географических наук  
**В.М.Школьников**,  
директор Центра демографических  
исследований РЭШ

В демографии есть три фундаментальных параметра воспроизводства населения: рождаемость, смертность и миграция. Россию резко отличают от остальных развитых стран крайне высокие по международным стандартам показатели смертности. Между тем в современном мире именно смертность имеет особое значение — это важный критерий успеха развития страны. Как писал лауреат Нобелевской премии по экономике Амартия Сен, смертность — наиболее объективная характеристика, по которой можно судить об успехе или неуспехе социально-экономического развития.

Посмотрим на Россию в XX веке с этой точки зрения. На рубеже XIX и XX веков продолжительность жизни в Российской

империи составляла около 30 лет у мужчин и 32 года у женщин. Это — уровень средневековой Европы, и он существенно ниже, чем в Швеции в 1751 году или во Франции в 1815 году. В XX веке положение постепенно менялось: хотя продолжительность жизни резко падала в периоды войны и голода, ее уровень все-таки медленно рос. В послевоенное время произошел резкий скачок, и к 1965 году Россия почти догнала наиболее развитые страны, проигрывая им в продолжительности жизни только 2—4 года. Но после 1965 года смертность начала повышаться.

Это произошло задолго до распада СССР, после прихода к власти Брежнева, когда СССР находился на пике военной и экономической мощи. Поэтому непонятно, откуда появился миф о том, что в «благополучном» СССР была низкая смертность, а после политических и экономических реформ 90-х она резко увеличилась (соответственно упала



Тенденции изменения продолжительности жизни в России и в других странах

1998 года наступило новое снижение, продолжавшееся до 2003 года. При этом все колебания 1980—1990-х происходили в основном за счет смертности в трудоспособном возрасте от алкогольно-зависимых причин, травматизма и сердечно-сосудистых заболеваний.

Только в 2004 году началось новое снижение смертности, причем в 2005—2006 годах оно существенно ускорилось. Кстати, в эти годы ввели меры по контролю над производством и продажей этилового спирта, а также запустили национальный проект «Здоровье». В результате повысилось финансирование некоторых видов медицинской помощи за счет прямых бюджетных вливаний.

На данный момент снижение смертности продолжается уже семь лет, и это самое длительное снижение после 1965 года. Налицо определенные успехи, но отставание от других развитых стран все еще велико. Россия сделала первые небольшие шаги в правильном направлении, и пока нельзя сделать вывод, что Россия начинает выходить из 40-летнего кризиса здоровья. Следующие пять лет позволят лучше понять суть происходящих изменений.

Надо учитывать, что, несмотря на рост продолжительности жизни в 2010 году, относительное положение России еще даже не достигло уровня середины 60-х годов. Если тогда Россия находилась

среди стран с низкой смертностью, опережая многие страны Южной и Восточной Европы, то в 2010 она занимала 49-е место из 50 стран Европейского региона, опережая только Казахстан. В 2010 году продолжительность жизни у мужчин составила 63 года, а у женщин — 74,9 года, что на 14 и 7 лет ниже, чем в странах Евросоюза. Наша смертность от сердечно-сосудистых заболеваний выше примерно в четыре раза, от несчастных случаев и травм — в шесть, а от убийств и отравлений алкоголем — в 25—40 раз, в зависимости от пола.

Отметим, что в развитых странах идет неуклонный рост продолжительности жизни. Например, в тех, где самая низкая смертность, рост — это прямая линия начиная с 1840 года, с темпами прироста в 0,23 года на каждый год, или почти 6 часов каждые сутки. Возможно, в этих странах уже родились поколения людей, которые будут доживать до ста лет.

В России около половины смертей в возрасте 15—60 лет — следствие злоупотребления спиртными напитками. Жесткая связь с алкоголем очевидна не только для отравлений спиртным, алкогольного психоза и алкогольного цирроза печени. Она также четко установлена для утоплений, дорожно-транспортных происшествий и других несчастных случаев, убийств и самоубийств, кардиомиопатии, аритмии, остановки сердца и геморраги-

ческого инсульта. Многие люди среднего и старшего возраста умирают от сердечно-сосудистой патологии, причем часто это тоже риски, накопленные в связи с курением и алкоголем. Кроме того, в России очень высока смертность от туберкулеза. То есть у нас есть очевидные недоработки как профилактической, так и лечебной медицины.

Для сокращения смертности существуют апробированные рецепты. Жесткая борьба с алкоголизмом может дать быстрый эффект, что позволит выиграть примерно 5 лет жизни. До сих пор ее вели в виде «кампаний», которые приносили кратковременные результаты, но практически не затрагивали отношение самого человека к алкоголю. Последние данные опросов говорят о том, что молодое поколение россиян предпочитает пиво крепким напиткам. Это обнадеживает, поскольку куриски, связанные с потреблением пива, несопоставимо ниже тех, которые возникают от употребления крепкого алкоголя. Безусловно, надо также повышать уровень безопасности жизни, что включает много аспектов. Большой вклад даст борьба с курением — в России курят около 60% мужчин и 20% женщин в возрасте от 20 до 50 лет, что намного больше, чем в развитых странах. По некоторым оценкам, с курением может быть связано около 20% смертей в возрасте старше 50 лет. Также всем должны стать доступны высокотехнологичные методы лечения: новые лекарства, неинвазивные операции на сердце и коронарных сосудах, новые методы диагностики и лечения даже самых сложных патологий.

Строить прогнозы на будущее непросто. Хочется надеяться, что позитивный тренд 2004—2010 годов продолжится и усилится. Тогда Россия встанет на правильный путь и последует за странами Восточной Европы, которые были похожи на Россию по структуре смертности и добились существенных успехов за последние 15—20 лет. Все зависит от того, как будут действовать государство и общество.



## Рождаемость в России

Кандидат экономических наук

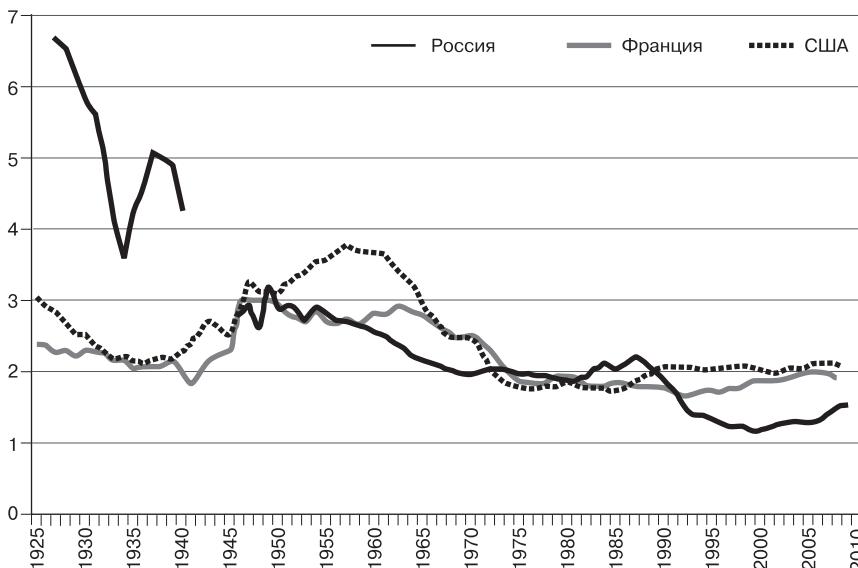
**С.В.Захаров,**

зам. директора Института демографии НИУ ВШЭ

Почему-то сейчас очень любят говорить о необыкновенном росте рождаемости в России, особенно после 2007 года, когда государство приняло специ-

альные меры по ее материальному стимулированию. Хочу всех огорчить: в России рождаемость не растет. Если учитывать детей, рожденных в среднем одной женщиной за всю ее жизнь, то пока ни одно поколение россиянок, родившихся после 1900 года, не произвело больше детей, чем предыдущее. В том числе и те, что появились на свет в 1970—1980 годах, то есть 30—40-летние, имеют в среднем меньше детей, чем их родители. Вторая новость хорошая: мы близки к стабилизации рождаемости, то есть скорость ее снижения сильно замедлилась.

Что же происходит на самом деле? Думаю, что мы пришли к третьему плато исторического уровня рождаемости в нашей стране. Первое плато соответствовало семи рождениям на одну женщину и относилось еще к предыдущему типу воспроизводства (до начала XX века). Потом рождаемость в России быстро падала, и можно считать, что к середине 1960-х годов мы вышли на второе плато, которое длилось примерно 25 лет — до начала 1990-х. Эти 25 лет российский показатель соответствовал уровню 1,8—1,9 ребенка на каждую женщину к возрасту 50 лет.



Коэффициент суммарной рождаемости (число рождений на одну женщину условного поколения) в некоторых развитых странах

Кстати, эта цифра не обеспечивала простого воспроизводства, поскольку для него надо, чтобы коэффициент был не меньше 2,1—2,2 (ведь не все дети доживают до взрослого возраста, есть и бесплодные пары). После 1990-х годов рождаемость опять начинает снижаться, и снижение длится до 2000 года, после чего мы выходим на третье плато, с рождаемостью 1,5—1,6 ребенка на одну женщину. Я считаю, мы это плато нашупали, и дальнейшего снижения не будет. Но о росте речи пока не идет. Скорее всего, в ближайшие 25 лет (на протяжении одного поколения) этот уровень с некоторыми колебаниями будет сохраняться.

При этом снижение рождаемости после 1990 года прошло у нас минимум в 1999 году (1,17 ребенка), а после этого в течение десяти лет число рождений действительно увеличивалось, причем в 2007 году прирост был максимальный. Но после 2007 года этот рост, очевидно, завершился, и даже с учетом возможных корректировок рождаемость в России не превышает 1,5—1,6.

Почему после 1999 года число рождений росло? Отчасти этому способствовала благоприятная возрастная структура населения — увеличивалось число женщин основного детородного возраста (до 35 лет). Однако, как свидетельствуют расчеты, положительное влияние этого фактора себя исчерпало. В то же время матери, уже начиная с 2001 года, чаще рожали второго и третьего ребенка, и это происходило до принятия известных инициатив по активизации государственной демографической политики в 2006—2007 годах. Повидимому, люди родили тех детей, которых планировали иметь, но не решались в трудные 90-е годы.

Российские показатели давно близки к показателям большинства индустриально развитых стран, то есть тех, где господствует идеал двухдетной семьи. Россия перестала выделяться на их фоне еще после Второй мировой войны (см. рис.) и с тех пор находилась в общем для всех развитых стран «коридоре». Был небольшой подъем в середине 1980-х годов, но он продлился очень недолго, а уже в конце 1990-х Россия попала в группу стран с самой низкой рождаемостью (как Болгария, Латвия, Чехия, Испания, Словения, Греция). Сейчас Россия со своим показателем 1,5—1,6, который многим так не нравится, вышла на среднеевропейский уровень. Но о лидирующей группе, в которой рождаемость выше средней (США, Франция, Швеция), речь не идет.

В чем разница между показателями 1,9 (второе российское плато) и 1,6 (то, что сейчас)? На самом деле 0,3 — это разница между тем, как рожали детей в 1970—1980 годы, и их детьми, которые рожали в 1990—2000. Из этих 0,3 примерно треть, а то и половину цифры можно отнести на более эффективное планирование семьи. Иными словами, резко уменьшилось число незапланированных рождений. Оставшуюся половину можно смело объяснять экономическими и социальными потрясениями и невзгодами.

Можно ли что-то сделать, чтобы семьи рожали больше детей? С тех пор как контроль рождаемости массово осуществляется на индивидуальном и семейном уровне (в развитых странах это произошло в 1930—1950 годах), семьи имеют столько детей, сколько хотят. Проблема в том, что хотят они меньше, чем надо для простого численного воспроизводства населения. Материально стимулировать этот процесс — тупиковый путь, деньгами рождаемость не поднимешь,

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

чему есть немало свидетельств. Надо идти другим путем: менять идеологию и концепцию семейной политики.

На самом деле, как свидетельствует опыт других стран, неплохо стимулируют рождаемость меры, принятые во Франции и Швеции, хотя они официально и не декларируются как политика достижения определенного количества детей в семье. Занятость шведок и француженок такая же, как и наших женщин, — 70—80% из них работают. Однако на определенном этапе, когда дети маленькие, они не работают полный рабочий день, у них есть специальные выходные дни, все дети обеспечены качественными детскими садами, отпуск у родителей совпадает по времени с каникулами детей... Короче говоря, ключевой момент политики в этих странах — дать возможность женщине сочетать работу, социально активную жизнь и воспитание детей. Здесь очень важна роль сильного социального государства, которое опирается на развитое гражданское общество.

У нас в стране надо менять и модель гендерных отношений. Есть статистические подтверждения, что там, где мужчины наравне с женщинами участвуют в домашнем хозяйстве и воспитании детей, то есть в странах, где нет жесткого ролевого разделения между мужчиной и женщиной, супруги чаще принимают решение о рождении еще одного ребенка. Мы пока серьезно отличаемся от других развитых стран именно тем, как устроена семейная политика, на какую семейную идеологию она опирается. У нас нет четкой концепции. Мы изобретаем новую, пытаемся опереться то на традиционные ценности, то на материальные и меркантильно-рыночные (пособия, материнский капитал, оплачиваемое материнство). И те и другие в развитых обществах не рассматриваются всерьез как базовые для демографической политики.

Несмотря на все оптимистичные оценки, при нашем уровне рождаемости 1,5 население России будет продолжать сокращаться. И это прогноз на долговременную перспективу. Компенсировать эту убыль можно только за счет миграции.

## В зарубежных лабораториях

### ДНК управляет светом

С помощью ДНК можно создавать метаматериалы.

«Nature», 2012, т. 482, № 7389, doi: 10.1038/nature10889.

**М**олекула ДНК интересна для нанотехнологов тем, что ее свойства определяются последовательностью составных звеньев — нуклеотидов. Подбрав правильные последовательности, можно сплести из молекул ДНК бесконечное число всевозможных фигур — так называемых ДНК-оригами. А еще к этой молекуле можно прирастить функциональные группы и к ним присоединять металлические наночастицы. Последние же способны взаимодействовать со светом, причем результат этого взаимодействия зависит как от размера, так и от состава наночастиц.

Всеми этими свойствами нанообъектов и воспользовались исследователи, объединенные Мюнхенской наносистемной инициативой. Они свили из молекул ДНК цилиндры длиной 85 нм. На цилиндрах по спирали размещались места для крепления наночастиц, причем спирали были навиты как по часовой стрелке, так и против нее. Когда на цилиндры навесили золотые наночастицы диаметром 10 нм, то оказалось, что проходящий свет поляризуется именно так, как были навиты наночастицы.

«Точность расположения наночастиц в нашей конструкции очень высока. С помощью этой методики мы можем создавать прекрасные структуры с упорядоченным расположением наночастиц», — говорит профессор Фридрих Зиммель из Технического университета Мюнхена. В планах исследователей — посмотреть, как различные упорядоченные наночастицы станут влиять на показатель преломления. Напомним, что отрицательный показатель преломления — одно из основных свойств метаматериалов, которое позволяет создавать из них принципиально новые линзы и шапки-невидимки.

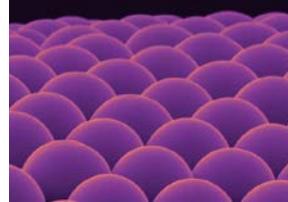
## В зарубежных лабораториях

### Микрошарики карбоната

Микролинзы из одинаковых карбонатных шариков можно делать без сложных ухищрений.

«Nature Communications», 2012, № 3, doi: 10.1038/ncomms1720.

**В** природе нередко встречаются системы, состоящие из практически одинаковых шариков неорганического вещества. Например, опал — квантовый кристалл из микросфер оксида кремния. Такие структуры конструируют и живые существа. У безглазого иглокожего животного офиура, похожего на морскую звезду, по всему телу разбросаны системы линз — блоков микросфер из карбоната кальция. С их помощью офиура собирает свет и концентрирует его на нервных окончаниях, превращаясь таким образом в один большой глаз. При этом выращивает она свои линзы без особых усилий при нормальной температуре.



А вот человеку для получения подобных структур приходится использовать нагрев и давление, а то и применять методы микроэлектроники. Немецкие исследователи из Института коллоидов и поверхностей общества Макса Планка вместе с корейскими коллегами сумели упростить процесс. Всего за несколько минут у них в пересыщенном растворе карбоната кальция с добавками поверхностно-активных веществ образовывались прекрасные зародыши блоков из одинаковых микрошариков, а спустя час-два без всякого кипячения или давления из них вырастали протяженные пленки. Шарики аморфного карбоната оказались столь совершенны, что пучок света, пройдя сквозь них скимался до толщины в 1 мкм. Поскольку карбонат кальция — вещество, часто используемое живыми существами, на пленке прекрасно росли клетки соединительной ткани — фибробlastы, причем одна клетка покрывала десятки микролинз. В общем, пленки из микролинз пригодятся для всевозможных оптических и биолого-оптических экспериментов.

## В зарубежных лабораториях

### Выращивая мозги

Нейроны отлично растут на подложке из наноцеллюлозы.

Агентство «Alpha-Galileo», 19 марта 2012 года.

**К**огда Страшила, будущий правитель Изумрудного города, переживал, что в его голове солома и совсем нет мозгов, он, возможно, недоценивал свои перспективы. Оказывается, именно на модифицированной соломе — переплетенных волокнах наноцеллюлозы — отлично растут составляющие мозг нейроны. В этом убедились шведские исследователи из Технологического университета Чалмерса и Гетеборгского университета во главе с профессором Паулем Гатенхольмом.

Выращивать нервные клетки и их сети вне организма трудно. Однако потребность в проведении опытов с такими клеточными культурами есть: и для изучения синдромов Альцгеймера или Паркинсона и прочих нейродегенеративных заболеваний, и для создания биокомпьютеров. И хорошо бы для всего этого иметь объемную модель мозга, ведь в живом мозге клетки располагаются именно в трехмерном пространстве.

Наноцеллюлоза, будучи веществом инертным, биологического происхождения, представляется неплохим кандидатом в субстраты. К тому же она обладает весьма развитой пористостью, что дает клеткам возможность найти себе окружение по вкусу. Поэтому выбор шведских биологов и пал на этот материал. Два года работы — и вот оказалось, что, если увеличить положительный электрический заряд волокон, нейроны прекрасно смогут на них закрепляться, жить и объединяться в сети. Опыты показали, что с помощью электрических импульсов или химических воздействий можно добиться передачи нервных импульсов с одного края образца на другой. «Такие искусственные мозги полностью изменят весь ход исследований мозга», — говорит профессор Гатенхольм.

То, что исследование было в Швеции, не случайность: шведы известны своими работами по вживлению нейронов в микросхемы, а кроме того, именно там в марте 2011 года открыт первый завод по изготовлению наноцеллюлозы с объемом производства 100 кг в год, которому нужно создавать рынки сбыта для своей продукции.

## В зарубежных лабораториях

### Мужское регулирование пола

У бегемотов самцы регулируют пол потомства.

«Nature Communications», 2012, февраль, doi: 10.1038/ncomms1700.

**У**млекопитающих самец — носитель генетической информации об обоих полах. Клетка-предшественник сперматозоида, содержащая X- и Y-хромосомы, делится на четыре части, давая два сперматозоида с Y и два с X. Если бы все зависело только от этого механизма, дочерей и сыновей в потомстве всегда было бы поровну. Но есть и другие способы тонкой регулировки соотношения полов у потомства — как считалось до сих пор, обычно эта регулировка происходит в организме будущей матери. Есть мнение, что на отклонение соотношения сыновей и дочерей от идеального 0,5 влияет бесконечное количество факторов. Если речь идет о человеке, это могут быть вес матери, ее диета, уровень сахара в крови, социальный статус женщины, плотность населения, доступность ресурсов, частота половых сношений, загрязнение окружающей среды и тому подобное.

Но похоже, у отцов есть свои секреты. Зоологи из Института исследований животных в зоопарках и в дикой природе имени Лейбница во главе с доктором Йозефом Зарагасти, изучая содержащихся в неволе карликовых гиппопотамов, обнаружили, что сперматозоидов с X-хромосомой у них существенно больше половины — 0,58 от общего числа. Естественно, такова же и доля самок в помете. Зачем гиппопотаму нужно больше самок — понятно: так он снижает число самцов в следующих поколениях, уменьшая будущую конкуренцию с собой любимым. Но как он это делает, пока остается загадкой...

## Страдания водородного дворника

Испытания дворника на водородном топливном элементе прошли успешно.



Агентство «Alpha-Gaileo», 13 марта 2012 года.

**Э**лектромобили, питаемые водородным топливным элементом, на словах очень хороши. А как на практике? Это решили проверить исследователи из цюрихской Высшей технической школы: с 2009 года созданный ими электромобиль для уборки улицы проходит испытания в Базеле.

На первом этапе испытаний всевозможные системы безопасности, придуманные для того, чтобы водород не взорвался, конфликтовали между собой, и машина из гаража почти не выходила. Пришлось менять всю систему работы с топливным элементом. На устранение проблем ушло полтора года, и летом 2011 машина наконец-то смогла приступить к ежедневной очистке улиц города. Сразу же проявились ее преимущества — малый уровень шума, особенно в кабине водителя, а также безвредный выхлоп, и недостатки — зимой в кабине было холодно, поскольку электродвигатель почти не греется.

Однако вскоре начали ломаться отдельные узлы. Первым полетел водяной насос — незаменимая деталь, ведь при сжигании водорода в элементе образуется много воды. Затем сломался преобразователь электронапряжения между аккумулятором и топливным элементом. Следующим отказал блок датчиков электродвигателя. Потом пришлось заменить два насоса водяной системы охлаждения. Но после их починки дворник целых три месяца работал надежно. Тут-то и выяснилось, что она потребляет в 2—5 раз меньше энергии, нежели дизельная машина: 0,3—0,6 кг водорода в час (40—80 МДж в час) против 5—5,5 л дизеля (180—200 МДж). И выбросы углекислого газа сократились на 40% даже с учетом того, что водород получали паровой конверсией природного газа. Впрочем, пока что эксплуатация водородного дворника обходится в три раза дороже, чем его дизельного собрата. Однако не стоит забывать, что всего за несколько лет стоимость топливных элементов сократилась десятикратно и предела этому падению не видно.

## Врастание имплантатов

Нанослой лекарства резко ускоряет врастание штифта для зуба в кость челюсти.

«Bone», 2012, февраль <http://dx.doi.org/10.1016/j.bone.2012.02.001>.

**Ч**тобы поставить искусственный зуб, в челюсть вживляют металлический штифт, и, прежде чем на него навернут коронку, должно пройти не менее полугода. Причем у некоторых пациентов кость плохо обрастает вокруг штифта.

Шведские исследователи из Линчёпингского университета во главе с Пером Аспенбергом решили улучшить прививаемость с помощью лекарств, нанесенных на поверхность титанового штифта. Для этого на металл пришли нанометровую пленку из белка, а затем к ней прикрепили вещество, применяемое для лечения остеопороза, — бисфосфонат. Сначала опыты ставили на животных, а теперь впервые провели испытания с участием шестнадцати добровольцев. Для контроля каждому вживляли один обычный имплантат и один обработанный. Уже через два месяца рентгеновское обследование показало, что у 15 участников экспериментальный штифт вживился в челюсть гораздо лучше контрольного. А спустя полгода у них получилось прекрасное прочное соединение с костью. «Нам впервые в мире удалось добиться успеха в упрочнении связи кости со штифтом с помощью местного введения препарата», — отмечает профессор Аспенберг. Вдохновленная успехом исследователей, линчёпинская компания «Addio AB» начала работу по выводу на рынок технологии нанесения лекарства на поверхность различных имплантатов.

## Стронциевый след катастроф

Периодическое изменение содержания стронция-87 в ископаемых останках связано с биением пульса Земли.

«The Journal of Geology», 2012, т. 120, № 2.

**«Е**сли проанализировать ископаемые останки морских организмов, то выяснится, что с периодичностью примерно 60 млн лет в них резко увеличивается содержание стронция-87 относительно стронция-86. И тогда же мы видим резкое снижение биоразнообразия. Такое совпадение не случайно», — говорит профессор Адриан Мелотт из Канзасского университета. По его мнению, это свидетельство биения пульса Земли — периодического резкого поднятия континентов.

Суть дела состоит в том, что стронцию-87 взяться неоткуда, кроме как из радиоактивного рубидия, а этим элементом богато основание континентальной коры. Для того чтобы в биосферу попало много стронция-87, нужно быстрое разрушение коры. А такое может случиться, если ее обширные участки поднимутся над уровнем моря: тогда ветры, морозы, дожди и снега ускорят выветривание горных пород. При этом уменьшится глубина моря, и морским обитателям придется резко менять свои привычки, что чревато массовым вымиранием. «Пульсирование Земли — не новая концепция, в некоторых теоретических работах высказано предположение, что конвекция в магме, в ее плюмах, меняется волнообразно. Результатом же как раз и станет периодическое поднятие и опускание континентов», — пытается объяснить свою находку профессор Мелотт.

Однако перемещение блоков земной коры вверх-вниз относительно ядра планеты требует поистине космической энергии для преодоления тяготения. А вдруг американский профессор напал на след какого-то таинственного космического явления вроде неоднородности свойств пространства? Уж больно подозрительно связаны эти 60 млн лет с движением Солнечной системы в Галактике: и наш период обращения кратен 60 (240 млн лет), и галактический экватор Солнце пересекаем каждые 30—33 млн лет. А еще спиральные рукава имеются...

## Нанотрубки из графена

Свернув графен, можно получить нанотрубку, утверждает суперкомпьютер.

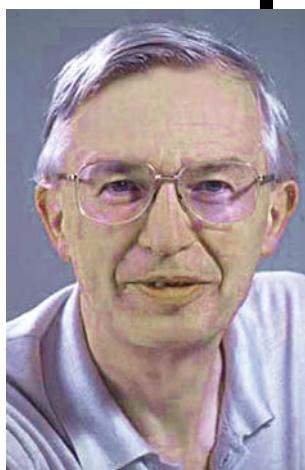
«Physical Review», 2012, т. B 85, с. 085428, doi: 10.1103/PhysRevB.85.085428.

**У**глеродные нанотрубки обладают удивительным набором свойств — от колossalной удельной прочности, способности быть и проводником и полупроводником до подозрений на горячую сверхпроводимость. Кажется, что с их помощью можно построить углеродную цивилизацию, в которой почти не будет места никаким другим веществам. Однако чтобы начать присматриваться к решению этой задачи, нужно держать в руках единичную нанотрубку с точно известным, а лучше заранее заданным строением, поскольку именно оно определяет набор свойств. Сейчас же, как правило, трубок получается одновременно много, самого разнообразного строения, да еще и перепутанных между собой. Финские исследователи из университета Яваскуле во главе с Пекка Кошкиненом, похоже, нашли способ создавать нанотрубки с заранее заданным строением. Правда, пока на бумаге, точнее, в процессоре суперкомпьютера. Они провели квантово-механический и классический упруго-механический расчет процесса деформации графенового листа нанометрового размера и обнаружили, что этот лист можно свернуть в нанотрубку. В зависимости от того, в каком направлении его сворачивать и каков размер этого листа, получатся трубки самого разнообразного строения.

Если теперь этот расчет подтвердится реальным скручиванием графена в нанотрубку с помощью зондового микроскопа или какого-нибудь лазерного пинцета, то в руках нанотехнологов окажется инструмент огромной мощности, позволяющий не только создавать любые нанотрубки, но и заворачивать в них какие угодно вещества. Трубки можно вить не только из углеродных, но и из любых подобных графену листов толщиной в один атом.

# Не почивать на лаврах

Кандидаты химических наук  
**М.М.Левицкий,  
Д.С.Перекалин**



Жан-Мари Лен (р. 1939)

Слово «лауреат» происходит от латинского *laureatus*, что значит «увенчанный лаврами». Довольно часто блистательный успех приводит к тому, что творческий человек постепенно теряет запал и оставшуюся жизнь только вспоминает о былых заслугах. Это в большой степени относится и к нобелевским лауреатам — ведь обычно ученый получает эту премию уже в преклонном возрасте, в котором яркие достижения случаются редко. Тем заметнее случаи, когда нобелевский лауреат после награды резко меняет направление исследований и добивается заметных успехов в совершенно новой области.

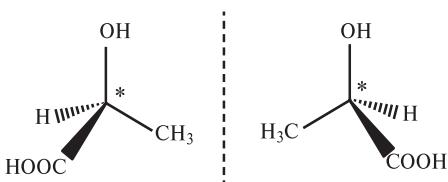
## Клик-химия

Американский химик Барри Шарплесс защитил в 1968 году диссертацию в Станфордском университете (США), а затем перешел работать в Массачусетский технологический институт. Именно там он выполнил основные работы, за которые в 2001 году совместно с Уильямом Ноулзом и Рёдзи Ноёри получил Нобелевскую премию. Как объявил Нобелевский комитет — «за создание асимметрических катализаторов окислительно-восстановительных реакций

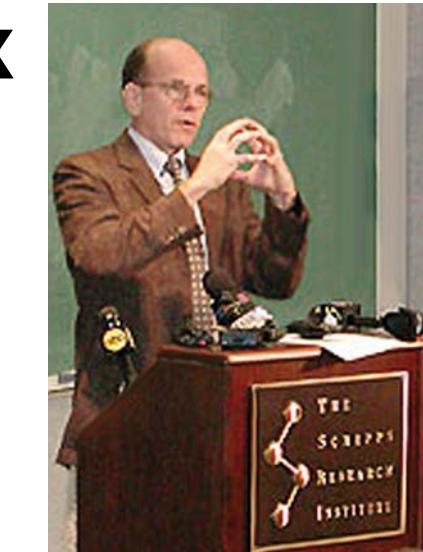
для фармацевтической промышленности». Окислительно-восстановительные реакции химики чаще всего упоминают вместе. Однако в этом случае Уильяму Ноулзу и Рёдзи Ноёри досталась половина денежной премии за реакции восстановления, а Барри Шарплессу другая половина — за окислительные реакции.

Основное его достижение — создание катализаторов для синтеза строго определенных зеркальных изомеров. Само понятие зеркальных изомеров впервые ввел Якоб Вант-Гофф. Он предположил, что валентности атома углерода направлены к вершинам воображаемого тетраэдра, и если все четыре заместителя у углерода различны, то молекула может существовать в виде двух изомеров, которые являются зеркальными отражениями друг друга (рис. 1). Их называют специальным термином — энантиомеры.

Если молочную кислоту синтезировать обычным способом, мы получим смесь двух энантиомеров в равном соотношении. Разделить эту смесь очень трудно, поскольку у зеркальных изомеров почти полностью совпадают химические и физические свойства. Между тем при изготовлении лекарств часто нужен один определенный зеркальный изомер, поскольку только он будет оказывать нужное биологическое действие. Это не случайно, ведь в живых организмах



1  
Энантиомеры аминокислоты молочной кислоты.  
Зеркальная плоскость изображена пунктиром,  
а асимметрический атом углерода (тот, у которого  
четыре разных заместителя) отмечен звездочкой



Барри Шарплесс (р. 1941)

многие белки, углеводы и нуклеиновые кислоты присутствуют в виде только одного изомера.

Шарплессу удалось создать несколько катализаторов окисления, направляющих реакцию в сторону образования одного продукта (рис. 2). Например, при окислении карбоновой кислоты образуется один зеркальный изомер с эпоксидным циклом (трехчленный цикл из двух атомов углерода и одного кислорода), при восстановлении которого получается нужный зеркальный изомер той самой молочной кислоты (рис. 3).

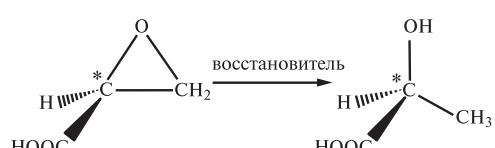
Катализаторы Шарплесса довольно быстро начали применять в промышленности, а синтезированные по его методу изомеры использовали в качестве строительных блоков при производстве лекарств, углеводов, витаминов, антибиотиков, ароматизаторов, пестицидов и пищевых добавок.

В начале XXI века Шарплесс резко изменил область научных интересов. Все началось с того, что он сформулировал набор требований к органическим реакциям нового типа:

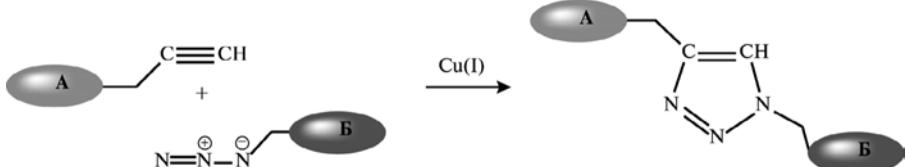
- условия проведения реакции должны быть простыми, желательно без нагрева;
- исходные реагенты должны быть широкодоступными;
- растворители должны быть доступными и нетоксичными (предпочтительна вода);
- выделение продукта из реакционной смеси не должно представлять большого труда;
- реакция должна протекать с высо-



2  
Асимметрическое окисление ненасыщенной карбоновой кислоты органическим пероксидом в присутствии катализатора. Изящество замысла состоит в том, что в катализаторе используется только один изомер винной кислоты, который направляет всю реакцию в нужную сторону

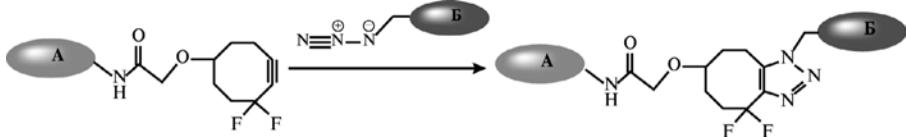


3  
Получение изомера молочной кислоты из эпоксида



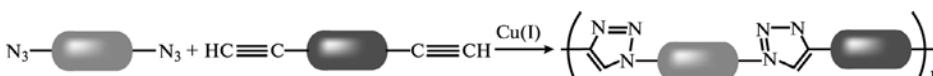
4

Триазольный цикл как метка для наблюдения за молекулами



5

Клик-реакция без катализатора. Тройная связь, участвующая в реакции, выделена жирным



6

Полимер, полученный клик-реакцией

ким выходом основного продукта; е) продукт реакции не должен вступать в побочные реакции;

ж) побочные продукты нежелательны, но если они образуются, то должны быть инертными;

з) в случае асимметрических продуктов желательно, чтобы получался только один изомер (пожалуй, это единственное упоминание о предыдущем увлечении); и) реакция должна протекать быстро.

Когда читаешь этот список, возникает ощущение, что Шарплесс просто описал мечту каждого химика. Однако нобелевский лауреат сумел найти реакцию, соответствующую перечисленным параметрам. Оказалось, что ее открыл еще в 1893 году Артур Михаэль — это взаимодействие алкинов (производных ацетилена) с азидами (соединениями, содержащими группировку  $N=N=N-$ ), в результате чего образуется цикл с тремя атомами N (рис. 4). Но изначально эта реакция протекала очень медленно (сутки при  $120^{\circ}C$ ) и с низким выходом основного продукта. Все резко изменилось после того, как в 2002 году Шарплесс вместе со своим коллегой Валерием Фокиным нашли катализаторы — соединения Cu(I), с которыми реакция протекает в воде почти мгновенно и без образования побочных продуктов. Шарплесс назвал ее клик-реакцией (click-reaction), то есть происходящей «по щелчку», мгновенно. Успех нового направления был ошеломляющим, и скоро в литературе появился новый термин «клик-химия» (click-chemistry).

Особо ценен тот факт, что алкины, азиды и триазолы (компоненты клик-реакции) никогда не встречаются в живых организмах и инертны к веществам, которые присутствуют в биологических средах. Поэтому если в природную молекулу A ввести ацетиленовый фрагмент, то органический азид будет присоединяться исключительно к этой молекуле. При этом фрагмент Б сыграет роль метки — например, такой, которая флуоресцирует в ультрафиолетовом свете. Специалисты по клик-реакциям называют эти соединения молекулами-репортерами — они следят за объектом и при этом не нарушают идущие в нем процессы (в отличие от обычной жизни, где репортеры часто мешают заниматься делом). Клик-реакции нашли множество применений: зондирование и ингибирование ферментов, наблюдение за синтезом белков и ДНК, прикрепление флуоресцентных меток к вирусам и многое другое.

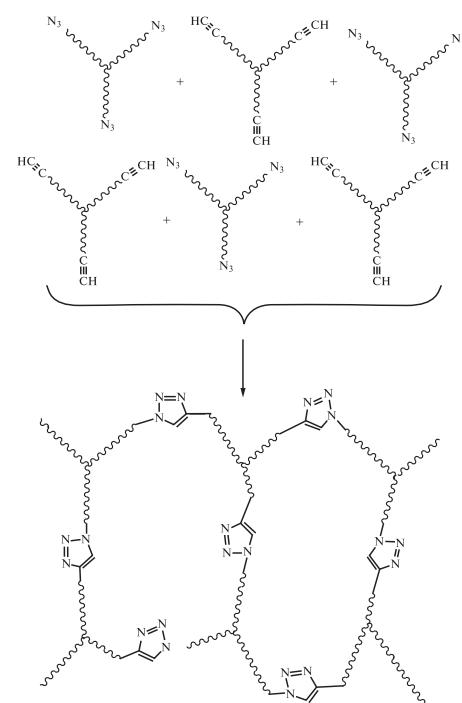
К сожалению, метод, превосходно работающий на препарированных образцах, оказался непригоден для изучения живых организмов, поскольку катализаторы с медью Cu(I) токсичны. Трудность удалось преодолеть: если изменить строение реагента, содержащего ацетиленовый фрагмент (например, ввести  $-C-C-$  в восьмичленный углеродный цикл), то клик-реакция протекает столь же быстро и без катализаторов (рис. 5). Появилось направление «клик-химия без меди» (Copper-free click chemistry). Сегодня созданы обширные базы исходных реагентов для клик-реакций, содержащих фрагменты аминокислот, нуклеотидов, флуоресцентных красителей. С их помощью можно направленно модифицировать биологические объекты и наблюдать за их превращениями в клетках.

Клик-реакции вошли в полимерную химию. Когда взаимодействуют молекулы, содержащие по две реагирующих группы (рис. 6), полимерные молекулы образуются особым способом, который отличается от традиционной полимеризации кратных связей или поликонденсации. Если же реагенты содержат по три реагирующие группы, то образуется сшитая полимерная сетка (рис. 7).

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В процессе исследований оказалось, что катализатором может быть также металлическая медь. Этую реакцию можно очень эффектно продемонстрировать: на торцевую поверхность медного цилиндра наносят реагент, содержащий азид, а на торец второго цилиндра — реагент, содержащий ацетилен, а затем торцы плотно соединяют. Они мгновенно склеиваются, причем получается необычайно прочный kleевой шов.

Если раньше имя Шарплесса связывали с асимметрическим катализом, то сегодня — с клик-химией.



7

Образование сшитого полимера клик-реакцией

## Динамическая комбинаторная химия

Клик-химия — не единственный пример того, как признанный ученый отказывается почивать на лаврах. Французский химик Жан-Мари Лен получил прекрасное образование. Защитив в 1963 году в Страсбургском университете диссертацию, он год стажировался в лаборатории нобелевского лауреата 1965 года Роберта Вудворда в Гарвардском университете. Там он принимал участие

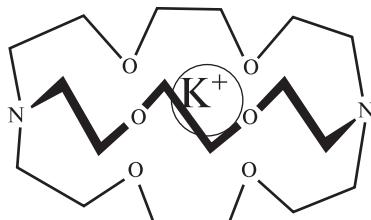
в знаменитом синтезе витамина B<sub>12</sub>. Кроме того, Ж.-М.Лен прослушал курс квантовой химии и выполнил первые вычисления под руководством нобелевского лауреата 1981 года Роалда Хоффмана. Можно сказать, что два нобелевских лауреата подготовили еще одного.

Лен был специалистом в органической химии, но при этом знал квантовую химию и физические методы исследования. Предстояло лишь найти точку приложения накопленного научного потенциала. Лен заинтересовался молекулярными механизмами транспорта ионов натрия и калия через клеточную мембрану и решил синтезировать химические вещества, которые могли бы воздействовать на перенос ионов. Поиски привели к созданию криптандов — объемных краун-эфиров, собранных из мостиков -CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-, с атомами азота в узловых точках. Они способны избирательно связывать ионы металлов, захватывая их во внутреннюю полость молекулы, и удерживать там за счет полярных взаимодействий (рис. 8).

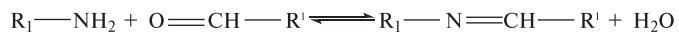
Объединив свои исследования с результатами, полученными Чарльзом Педерсоном при изучении краун-эфиров, Лен назвал новое направление «супрамолекулярная химия». Если обычная химия изучает реакции, при которых происходит разрыв и образование валентных связей, то супрамолекулярная химия рассматривает невалентные взаимодействия: водородные связи, полярные взаимодействия, гидрофобные силы и другие, то есть структуры «без связи». В 1987 году Лен за эти исследования совместно с Дональдом Крамом и Чарльзом Педерсоном получил Нобелевскую премию.

Современная супрамолекулярная химия — это обширная область, которая решает множество прикладных задач: разделение и очистка органических веществ, создание лекарственных препаратов нового поколения и многие другие. Не каждому ученому удается создать новое научное направление, в развитии которого потом принимают участие сотни химиков разных стран. Тем не менее, Лен сумел отойти в сторону от мощного потока исследований и найти новую научную магистраль.

Цель многих биохимических и фармакологических опытов — отыскать из множества веществ самое эффективное.



8  
Криптанд с ионом калия во внутренней полости



10

Получение иминов

(R<sub>1</sub> и R' — разные серии заместителей)

Например, требуется определить, какое соединение из огромной группы лучше всего будет связывать определенный фермент — биологический катализатор. Традиционная методика такова: фермент помещают в блок из 10—12 пипеток и добавляют в дозированном количестве к десяткам или сотням, как правило, близких по строению ингибиторов (рис. 9). Потом из сотни выбирают, какой из них лучше связывает фермент. Собственно, это называется комбинаторной химией.

В середине 1990-х годов Жан-Мари Лен предложил необычный подход к поиску биологически активных соединений: вместо ста экспериментов можно обойтись всего двадцатью опытами и при этом надежно определить, какое вещество из намеченных ста блокирует фермент наиболее эффективно. Для этого надо использовать не сами ингибиторы, а их предшественники, то есть реагенты, из которых их синтезируют. Основное требование состоит в том, что синтез ингибитора из предшественника должен быть обратимым. Это очень важно, поскольку такие реакции обладают замечательным свойством. Если при ее проведении один из продуктов удалить из сферы реакции (например, связать с каким-либо специально введенным реагентом), то реакция сдвигается в сторону образования именно этого продукта, чтобы восполнить его убыль.

Пример такой обратимой реакции — синтез иминов (соединений, содержащих группировку -N=CH-) из аминов и альдегидов (рис. 10). Допустим, что у нас имеется десять аминов с различной группой R<sub>1</sub> и десять альдегидов также с различными органическими группами R'. Из этого набора мы можем получить 100 отличающихся иминов. Чтобы проверить, насколько эффективно каждый из них связывает фермент, нам потребуется 100 пробирок, в каждую из которых мы поместим по одному имину и будем добавлять туда порции фермента.

Лен предложил поставить эксперимент принципиально иначе. Смешаем

в первой пробирке все десять аминов и первый из десяти намеченных альдегидов. В реакционной смеси при этом образуются десять иминов, которые будут находиться в равновесии с исходными веществами. Во второй пробирке необходимо смешать все десять аминов и второй альдегид и т. д. Затем в каждую из десяти (по числу альдегидов) пробирок добавляют фермент (рис. 11) и определяют, в какой из них он заметнее теряет активность. Самый эффективный альдегид найден.

Теперь надо найти наиболее результативный амин по совершенно аналогичной схеме. Только это будет десять пробирок со смесью альдегидов, в каждую из которых добавляют свой амин. Опять же в десять пробирок добавляют фермент, и смотрят, где реакция протекает лучше других, то есть где фермент максимально теряет свою активность — соответственно, станет понятно, какой амин активнее.

В результате для поиска оптимальной пары амин-альдегид потребуется всего двадцать опытов. Причем из 100 возможных «ключей», «замок» сам себе выберет подходящий (рис. 12). Теоретически можно было бы обойтись всего одним опытом: смешать все двадцать исходных реагентов в одной пробирке, добавить фермент, а затем посмотреть, какого амина и альдегида останется меньше всего (поскольку они активнее израсходуются в реакции с ферментом). Однако пока даже самые современные сверхчувствительные спектральные методы не позволяют провести точный анализ столь сложной смеси.

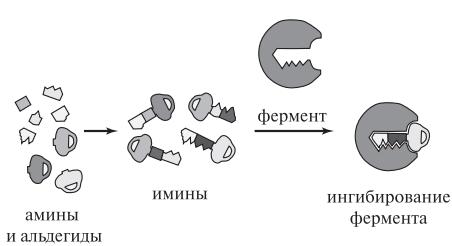
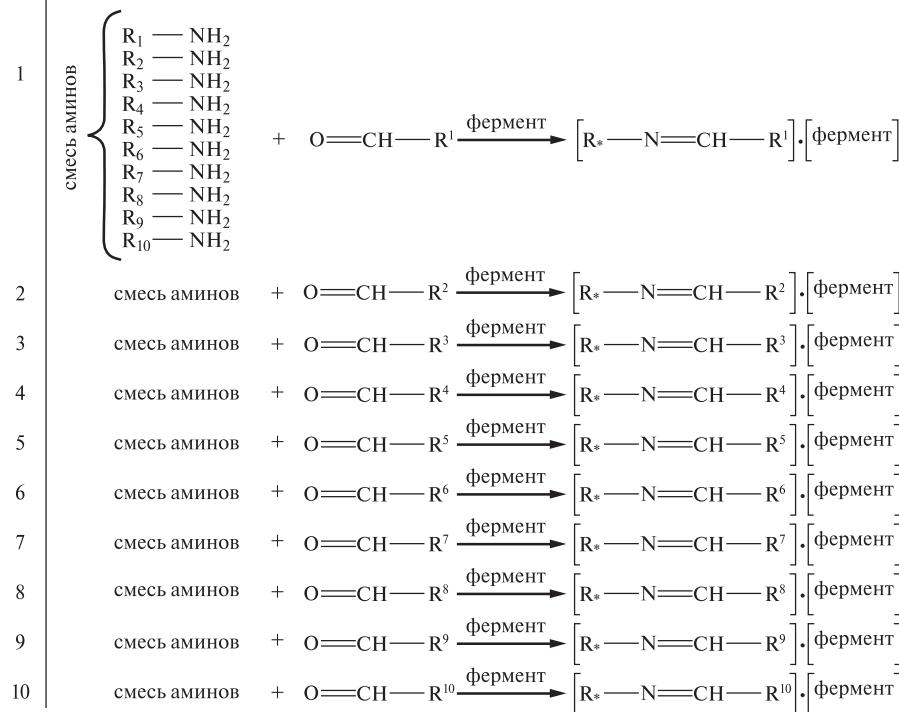
Нельзя не оценить смелость подхода, предложенного Леном. Обычно химик, планируя реакцию, сначала всегда тщательно очищает реагенты, а в процессе синтеза старается исключить присутствие посторонних веществ. Вместо этого Лен предложил проводить реакции сразу со смесью веществ.

Лен назвал новый способ динамической комбинаторной химией, а набор образующихся продуктов — динамической комбинаторной библиотекой. Эффективность своего метода Лен доказал при поиске ингибитора для фермента карбоангидразы (рис. 13), при этом в качестве исходных соединений он использовал комбинацию более чем десяти реагентов.

Вслед за Леном биохимики тоже стали активно использовать новый метод. Они нашли свыше пятнадцати обратимых реакций, пригодных для создания динамических комбинаторных библиотек, что уже помогло найти ингибиторы для



9  
Блок пипеток для комбинаторной химии

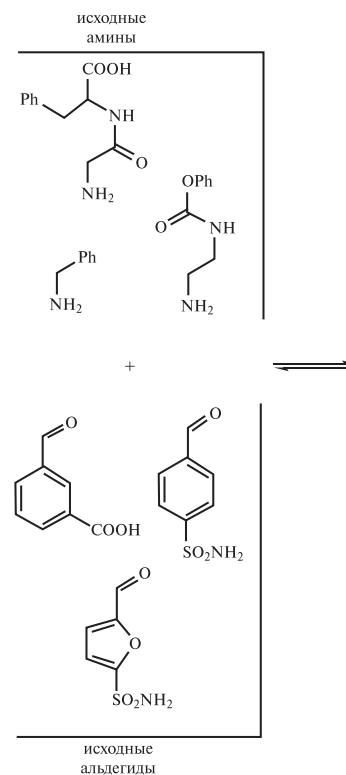


12  
Схема методики Жан-Мари Лена. Фермент («замок») сам подбирает себе нужный «ключ»

широкого набора белков. А они, в свою очередь, стали основой новых лекарственных препаратов.

На первый взгляд может показаться, что новая методика позволяет всего лишь сэкономить время экспериментатора и уменьшить расход реагентов (хотя это очень важно для ферментов, зачастую они дефицитны). Однако значение метода гораздо шире.

В химии нередко возникает вопрос, насколько та или иная смесь аминокислот или белков, получаемая на разных стадиях производства, близка по составу к эталону. По новой методике делают так: составляют набор из определенных флуоресцентных красителей (часто это органические комплексы меди или никеля) и регистрируют их спектр. После этого к одной порции смеси красителей добавляют эталонную смесь аминокислот (или белков), а к другой — исследуемую. Белки избирательно «выдергивают» ионы металлов из молекул красителей, в результате часть их разрушается, и спектр меняется. Сравнение спектров без детального химического анализа

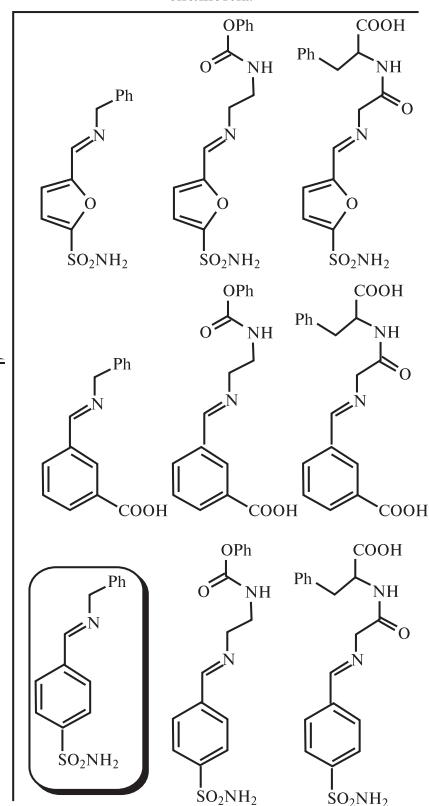


13  
Поиск эффективного ингибитора для связывания фермента карбоангираз (показаны только три амина и три альдегида). Фермент сам нашел в этой смеси наиболее активный ингибитор (в рамке)

(фактически это всего два измерения) позволяет точно оценить, насколько близки смеси по составу. Для более сложных смесей проводят дробный анализ.

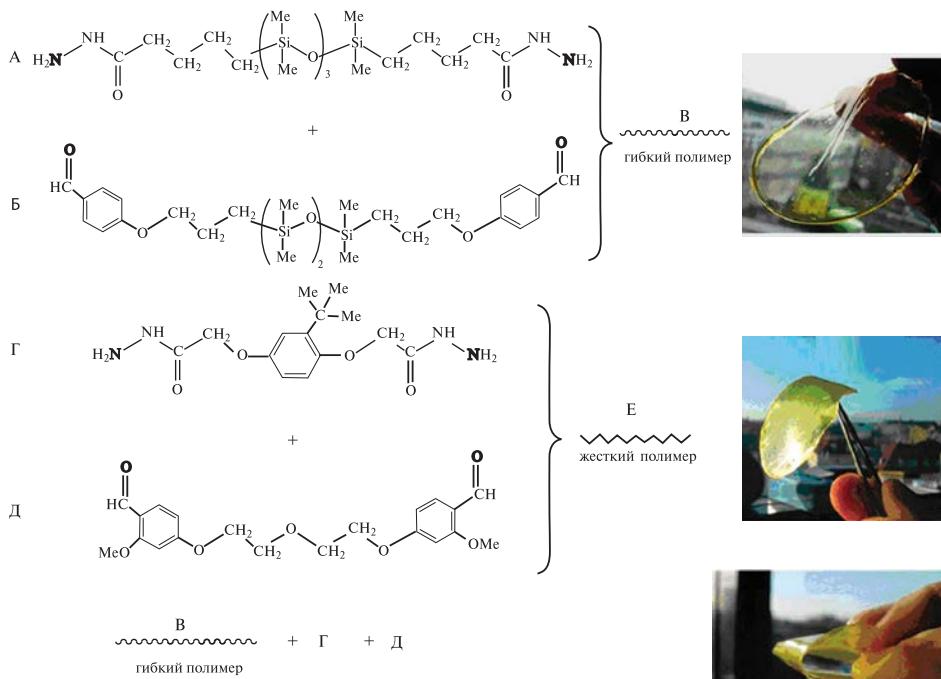
ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Динамическую комбинаторную химию применяют и в полимерной химии. Взаимодействие аминов и альдегидов, содержащих по две реагирующие группы, приводит к образованию полимерных цепочек. Полимер, полученный из диамина А и диальдегида Б (рис. 14), — это гибкая прозрачная пленка В, причем ее гибкость обеспечивают силоксановые звенья Si-O-Si. Из другой пары реагентов (например, Г и Д) образуется полимер, дающий жесткие и хрупкие пленки Е. Если к первому полимеру В добавить определенные количества реагентов Г и Д, то благодаря мобильности иминных групп динамическая комбинаторная библиотека



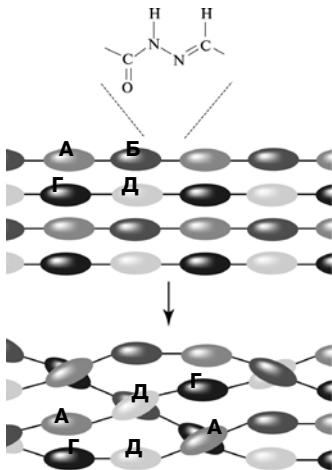
цепи частично перестроятся и получится полимер, дающий прочные, умеренно гибкие пленки Ж. По существу это «комбинаторный» способ модификации полимеров.

Найден и другой способ комбинаторного воздействия на структуру полимеров. Например, есть смесь из двух полимеров (рис. 15). Цепь одного состоит из фрагментов А и Б, а другого — из Г и Д. Самое главное, что в каждом поли-



мере фрагменты соединены участками, содержащими уже знакомые мобильные иминные группы. При нагревании полимерной смеси произойдет разрыв и последующее образование новых иминных групп и все перемешается. Фрагменты А или Б войдут в состав второй цепи, и наоборот, элементы второй Г и Д — в первую. Соответственно, и свойства полимерной смеси заметно изменятся.

В обоих способах модификации полимеров решающую роль играют иминные группировки, и это не



### 15 Взаимопересечение полимерных цепей при комбинаторной модификации

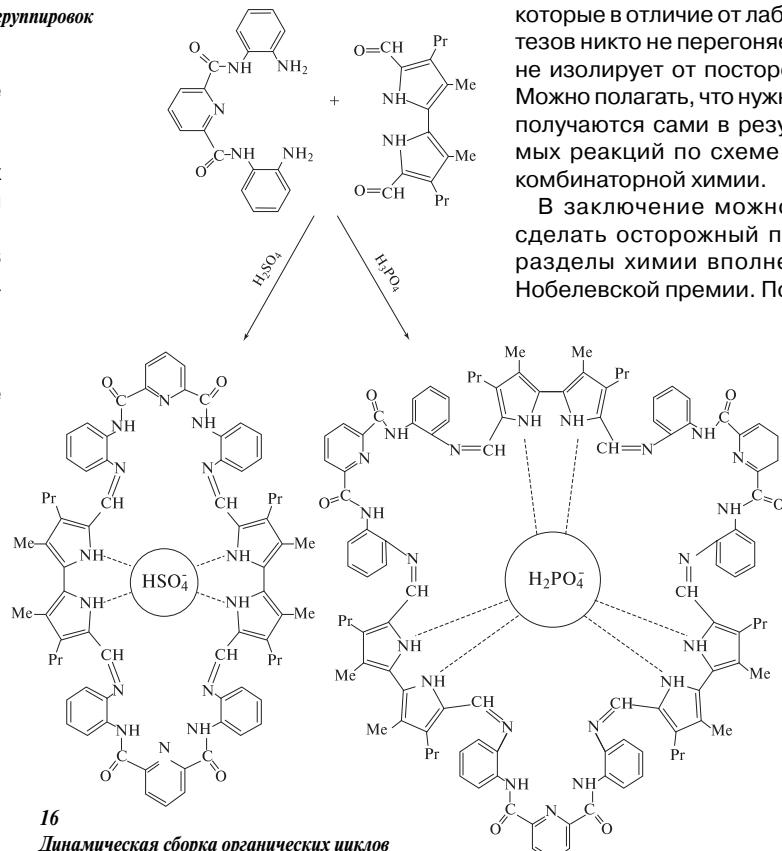
случайно, поскольку автор обеих работ — Жан-Мари Лен. Нобелевский лауреат не остановился на том, что сформулировал новое направление, он развивает его, и это не может не вызывать уважения.

использовал российский химик, профессор химфака МГУ Ю.Н.Устынюк с сотрудниками. Диамин и диальдегид (у них по две реакционные группы), как правило, образуют цепочки, но при определенных подходящих условиях они могут и замыкаться в циклы (рис. 16). При этом организаторами сборки циклов выступают добавленные в смесь неорганические анионы, которые подтягивают к себе фрагменты собирающегося цикла с помощью водородных связей.

Здесь, безусловно, налицо эффект самоорганизации. Подвижная система сама образует циклические молекулы различной величины, способные удерживать анионы. Такие циклы требуются, когда нужно извлечь из смесей анионы определенных размеров — например, радиоактивный анион технеция  $TcO_4^-$  из отходов ядерных производств.

Динамическая комбинаторная химия, созданная Жан-Мари Леном, приближает ученых к пониманию того, как именно протекают химические процессы в живой природе. В клетке одновременно присутствует множество реагентов, которые в отличие от лабораторных синтезов никто не перегоняет, не очищает и не изолирует от посторонних веществ. Можно полагать, что нужные соединения получаются сами в результате обратимых реакций по схеме динамической комбинаторной химии.

В заключение можно попробовать сделать осторожный прогноз. Новые разделы химии вполне заслуживают Нобелевской премии. Поэтому возмож-



### 16 Динамическая сборка органических циклов (отмечены только те атомы N, которые участвуют в образовании иминов —CH=N—).

Оказалось, что сульфат-анион собирает вокруг себя цикл из двух аминов и двух альдегидов, а более крупный фосфат-анион составляет цикл из трех аминов и трех анионов. Стягивающие водородные связи показаны пунктиром

Основная идея комбинаторной динамической химии — предоставить возможность реагентам самостоятельно найти оптимальный вариант. Эту идею

но, через несколько лет Нобелевский комитет объявил: «Премия присуждается Барри Шарплессу и Жан-Мари Лену за новые направления: клик-химию и динамическую комбинаторную химию». И эти ученые повторят рекорд английского биохимика Фредерика Сенгера, ставшего единственным в истории дважды лауреатом Нобелевской премии по химии.

# Термодинамический подход к термодинамикам



Попробуем применить к термодинамикам термодинамический подход. Прежде всего составим список термодинамиков — способом, который социологи называют «метод снежного кома»: берем признанного термодинамика и включаем в список всех, кто упоминается в статьях о нем как термодинамик. Поскольку автор — немного физик, обратим внимание на устойчивость результата, то есть слабую зависимость от начальных условий. Так вот, результат устойчив. Далее выясним термодинамические и околотермодинамические параметры этих девятнадцати уважаемых термодинамиков, а именно:

функцию распределения по годам рождения,

функцию распределения по годам получения основных термодинамических результатов,

функцию распределения по годам смерти,

идеальность газа термодинамиков по двум параметрам (объем и взаимодействие),

адиабатичность системы термодинамиков.

Из приведенной ниже таблицы и рисунков видно, что почти половина (44%) результатов (средний график) была получена в течение всего лишь двадцати лет, а почти все остальные (еще 44%) — в течение шестидесяти

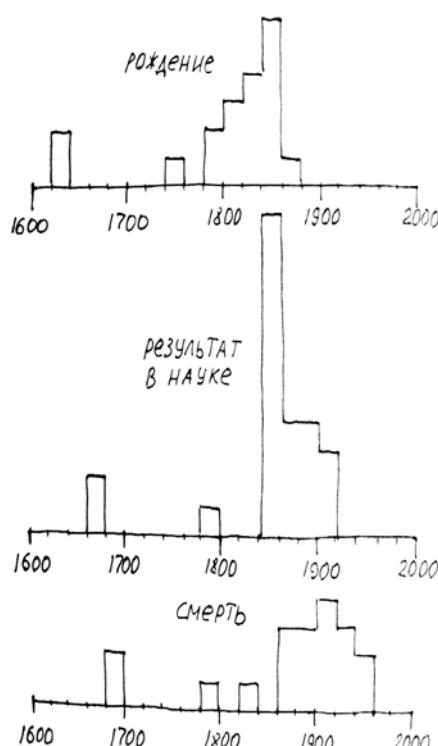
лет после этого. Именно после, а не до — функция распределения категорически не гауссова. Процесс освоения новой области носит взрывообразный характер с последействием. Ранее вы-

сказывалась гипотеза, что механизм этого явления — привлечение в область молодых незакомплексованных и незамшелых исследователей. Если посмотреть на верхний график годов рождения, то становится отчасти понятен двухступенчатый механизм связи. Основной бросок результатов втягивает тех, кто по своей квалификации может присоединиться к новому направлению и лабильность чьей психики достаточно высока. Далее сама область воспитывает и образовывает новых исследователей, и возникает последействие, причем не слишком длительное — родившиеся позже броска уже не догоняют. То немногое, что имело место до основного броска, естественно называть «предтечами» (12% результатов). Ну а функция распределения смертей, которую мы посмотрели для контроля процедуры, — естественно, ближе к нормальной (кроме «предтечей»), асимметрии не видать. Остается загадочным механизм самого броска, механизм неустойчивости, инициирования фазового перехода. Ну так нам, термодинамикам, не привыкать, скоро век, как мы грызем эту задачу.

Что касается остальных вопросов, то ситуация такова. Оценить объем термодинамиков трудно, но, судя по фотографиям в энциклопедиях, объем у них был. В большинстве случаев — вполне даже плотного телосложения мужчины (среди дам термодинамика была в ту эпоху не модна). Взаимодействие у термодинамиков было вполне развито: они и спорили, и подсказывали друг другу идеи, и не верили в результаты друг друга. Словом, в идеальности этот газ не обвинить. Да и с адиабатичностью там было не ахти — и с физиками взаимодействовали, и с химиками, и общественной деятельностью занимались, и на государственной службе состояли. Один даже до гильотины дослужился... Но это все же исключение.

В основном они служили термодинамике. То есть — науке.

**Л. Намер**



	Рождение	Результаты	Смерть
Рудольф Юлиус Эммануэль Клаузиус	1822	1850, 1862	1888
Никола Леонар Сади Карно	1796	1824	1832
Бенуа Поль Эмиль Клапейрон	1799	1834	1864
Уильям Томсон, лорд Кельвин	1824	1849, 1852	1907
Юлиус Роберт Майер	1814	1841	1878
Джеймс Прескотт Джоуль	1818	1843, 1847	1889
Антуан Лоран Лавуазье	1743	1780	1794
Герман Людвиг Фердинанд фон Гельмгольц	1821	1848	1894
Людвиг Эдуард Больцман	1844	1866	1906
Вальтер Фридрих Герман Нернст	1864	1905, 1912	1941
Макс Карл Эрнст Людвиг Планк	1858	1900	1947
Сванте Август Аррениус	1859	1889	1927
Якоб Хендрик Вант-Гофф	1852	1884	1911
Генрих Фридрих Эмиль, Эмилий Христианович Ленц	1804	1844	1865
Анри Луи Ле Шателье	1850	1884	1936
Фридрих Вильгельм Оствальд	1853	1894	1932
Роберт Бойль	1627	1662	1691
Эдм Мариотт	1620	1662	1684
Джозайя Уиллард Гиббс	1839	1872, 1878	1903

# Веселящий газ на орбите

Ph. D. В.А.Закиров,  
университет Цинхуа  
(Пекин)

Закись азота, она же оксид диазота, оксид азота (I) или оксонитрид азота (I), известная также как веселящий газ, — неорганическое химическое соединение, молекула которого состоит из двух атомов азота и одного атома кислорода ( $N_2O$ ). Этот бесцветный газ со сладковатым запахом открыл и впервые получил в 1772 году английский священник, химик, философ и общественный деятель Джозеф Пристли. После того как Гемфри Дэви показал, что вдыхание этого газа вызывает беспринципную радость, почти 70 лет в Великобритании устраивали вечеринки с веселящим газом (баллончики для вечеринок можно купить и сейчас). Выяснилось также, что веселящий газ повышает болевой порог, поэтому, начиная с декабря 1844 года, его начали использовать для ингаляционного наркоза.

Сегодня спектр применения закиси азота гораздо шире. Поскольку при ее фазовом переходе из жидкости в газ поглощается много тепла, то ее можно использовать для обезболивания в качестве «заморозки». По физическим свойствам закись азота очень похожа на углекислый газ, поэтому она подходит для приготовления газировки и взбитых сливок в баллончиках. Английские исследователи предлагают также вспенивать закисью азота воздушный шоколад — он, по мнению экспертов, получается особо вкусным. Веселящий газ применяют в технике в качестве окислителя. Например для кратковременного увеличения мощности двига-

теля внутреннего сгорания в гоночных машинах и мотоциклах — в двигатель впрыскивают закись азота, массовая доля кислорода в которой (36,3%) существенно выше, чем в воздухе (23,1%).

Кроме того, уникальные физико-химические свойства закиси азота позволяют ее использовать в ракетных двигателях, а также для охлаждения космических аппаратов. О веселящем газе в космосе и пойдет речь дальше.

## Ракетные двигатели

При разложении закиси азота образуются азот и кислород:  $N_2O \rightarrow N_2 + \frac{1}{2}O_2$ . Это реакция экзотермическая (выделяется около 82 кДж/моль), поэтому ее продукты нагреваются до высоких температур. Горячую смесь можно использовать для вращения турбины или создавать тягу в сопле. В первом случае на основе реакции разложения закиси азота получится газогенератор, а во втором — однокомпонентный ракетный двигатель (рис. 1). Сегодня три типа двигателей, работающих на закиси азота, находятся в разных стадиях разработки. Это однокомпонентный ракетный двигатель (использует один компонент топлива), гибридный и жидкостной ракетные двигатели (используют два компонента).

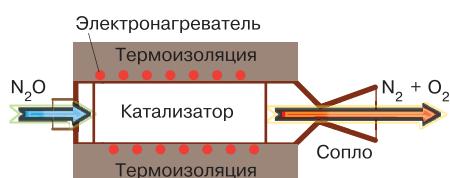
Чтобы началось разложение закиси азота на азот и кислород, необходимо преодолеть барьер энергии активации реакции, для чего закись подогревают

до 800—1000°C либо используют катализатор. Если энергия активации снижена благодаря катализатору (рис. 2), то теоретически реакция может начаться даже при комнатной температуре. Ученые активно занимаются поиском таких соединений, к 1998 году было заявлено более 200 катализаторов. Однако многие из них не подходят по тем или иным причинам — например, спекаются, не выдерживая высоких температур. Для ракетных двигателей химики создали специальные высокотемпературные катализаторы на основе родия (Rh) и иридия (Ir), нанесенные на керамические подложки из оксида алюминия или циркония. Они снижают температуру начала реакции до 200—400°C, а это уже вполне приемлемо для того, чтобы разложение закиси азота можно было использовать в однокомпонентном ракетном двигателе.

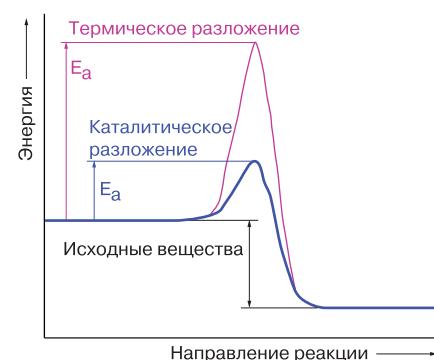
Первый лабораторный прототип такого двигателя автор этой статьи собрал и успешно испытал в 1999 году в Великобритании. С 2002 года исследования были перенесены в Китай. Расчетные тяги лабораторного прототипа (рис. 3) менялись в диапазоне 0,03—0,14 Н, а удельный импульс был равен 156 сек. (насколько это отличается от работающих моделей и принципиально ли это отличие, будет рассказано дальше). Лабораторные модели были также испытаны в России (2006) и в США (2007), и в настоящий момент работы продолжаются.

Закись азота можно использовать и в двухкомпонентных двигателях. В них, как ясно из названия, необходимы два компонента реагирующего топлива — обычно это окислитель (им может быть закись азота) и горючее. В окислительных реакциях выделяется много тепла, поэтому удельные импульсы такого типа двигателей выше, чем у однокомпонентных (впрочем, и конструкция их сложнее). Двухкомпонентные двигатели бывают жидкостные (если горючее — жидкость или газ) и гибридные (в случае твердого горючего). История их разработки гораздо более давняя.

Еще перед Второй мировой войной в Германии пытались создать жидкостной двигатель на  $N_2O$  и растворе метанола (28% метанола). Назывался он «Hecht»



1  
Схема однокомпонентного реактивного двигателя на закиси азота. Электронагреватель прогревает катализатор перед началом работы. Газообразная закись азота, попадая в реакционную камеру, разлагается на катализаторе, образуя азот и кислород. Нагретая смесь продуктов реакции, расширяясь в сопле, создает тягу



2  
Чтобы разложить закись азота, надо преодолеть барьер активации. Для этого смесь надо либо нагреть (термическое разложение), либо использовать катализатор, который снижает барьер активации



3

**Лабораторный прототип однокомпонентного двигателя на закиси азота во время испытаний (выхлоп прозрачный)**

и предназначался не для космоса, а для военной техники. До производства дело не дошло по двум причинам. Чтобы не разорвало топливные баки при испарении жидкости (критическая температура закиси азота находится в диапазоне рабочих температур 36,5°C), пришлось бы увеличить толщину стенок, что сильно утяжеляло конструкцию. Также были опасения, что протечки веселящего газа могут в бою одурманить пилотов. В 2000 году в университете штата Алабама (США) все-таки прошло успешное испытание жидкостного двигателя на закиси азота и пропане (его удельный импульс был около 330 сек.).

Гибридные двигатели тоже начали испытывать до войны. В 1937 году бывший офицер русской кавалерии Леонид Андрюсов с Отто Лутцем и Вольфгангом Ногератом опробовали в Германии гибридный двигатель с тягой 10 000 Н, работающий на закиси азота и древесном угле. Потом эти работы прекратили, поскольку из-за высокой теплоты сублимации уголь плохо выгорал. Однако за десять лет, начиная с 1985 года, американская компания «AMROC» осуществила 31 испытание гибридного ракетного двигателя на закиси азота. В дальнейшем эти работы продолжила компания «SpaceDev», которая разработала гибридный двигатель для первого в мире ракетоплана (аппарата, совмещающего черты ракеты и планера) и дважды запустила его в 2004 году на высоту 100 км (рис. 4). Двигатель ракетоплана работал на закиси азота и бутадиеновом каучуке,



4

**Полет ракетоплана «SpaceShipOne», оснащенного гибридным ракетным двигателем на закиси азота (окислитель) и бутадиеновом каучуке (твердое топливо)**

развивал тягу 73 500 Н, а его удельный импульс равнялся 250 сек. Поскольку задача была — вывести космический аппарат на орбиту, то двигатель запускали только один раз с помощью пороха.

Однако, чтобы космический аппарат смог маневрировать на орбите, двигатель придется включать не один, а много раз, поэтому пороховой воспламенитель не подходит. Задачу решили, совместив гибридный двигатель и газогенератор на закиси азота: горячий выхлоп обогащенной кислородом газовой смеси (800—1000°C) воспламеняет твердое топливо и сможет обеспечить многократные маневры на орбите. Лабораторный прототип такого гибридного двигателя, работающий на закиси азота и оргстекле (полиметилметакрилат), а также на бутадиеновом каучуке, успешно испытали в 2005 году в Китае.

Однокомпонентные и двухкомпонентные ракетные двигатели на закиси азота пока находятся на разных стадиях разработки. Между тем для маневров космических и летательных аппаратов закись азота уже используют.

## Маневры в космосе

Космические аппараты бывают большие и малые. К большим обычно относят аппараты с массой 1000 кг и выше, а к малым — меньше 500 кг, выполняющие различные задачи народного хозяйства: метеорологии, связи, наблюдения и многие другие. Одна из их функций — обкатка новых

**У реактивного двигателя есть две важные характеристики: удельный импульс и тяга. Удельный импульс — это отношение создаваемого количества движения к весовому расходу топлива, иными словами, экономичность двигателя. Чем больше удельный импульс, тем меньше потребуется топлива, чтобы совершить маневр. Тяга — это сила, с которой двигатель толкает космический аппарат.**

## ТЕХНОЛОГИИ



технологий на орбите. Сегодня такие малые космические аппараты выводят на орбиту, как правило, в качестве «попутной полезной нагрузки» вместе с большими аппаратами, ради которых, собственно, и производят запуск. Обычно на ракетах-носителях остается небольшой запас по массе (то есть они могут вывести на орбиту немного больший вес, чем масса большого аппарата), а чтобы обеспечить точность выведения, этот запас нужно скомпенсировать. Раньше космические аппараты не могли сделать достаточно компактными, поэтому запас по массе компенсировали балластом — обычными металлическими болванками. Когда появилась полупроводниковая электроника и бортовое оборудование стало достаточно миниатюрным, балластный груз заменили малыми космическими аппаратами. Так что сегодня современные ракетоносители используются более эффективно.

Но у этого удобного решения есть недостаток: малые аппараты можно вывести только на те же орбиты, что и основную «полезную нагрузку». Между тем есть много интересных орбит, которые в настоящее время недоступны для использования. Запускать на них специальные ракетоносители с малыми аппаратами нерентабельно. Оптимальное решение — оснастить малые космические аппараты собственной двигательной установкой, чтобы они могли сами маневрировать на орбите.

К сожалению, сегодня малых аппаратов с собственными двигателями еще совсем немного, поскольку оказалось, что у этой задачи есть целый ряд ограничений. Чтобы стало понятно, с каким типом проблем сталкиваются инженеры и почему так перспективна закись азота, надо на этом остановиться подробнее.

Принципиальное отличие малых космических аппаратов от больших в том, что если для последних главное ограничение — масса, то для первых главное ограничение — объем, а точнее, габариты. Во время пуска малые аппараты устанавливают в узком зазоре

## Ограничения для малых космических аппаратов (масса, объем баков, электрическая мощность)

Ограничения	Наноспутники	Микроспутники	Мини-спутники
Масса, кг	1—10	10—100	100—500
Объем баков ДУ, литры	<1	7	50
Эл. мощность на борту (среднеорбитальная), Вт	6	14	180
Цена, доллары	1 000 000	3 000 000—5 000 000	10 000 000

между главной полезной нагрузкой (то есть основным запускаемым аппаратом) и внутренней стенкой головного обтекателя ракетоносителя. Если случится небольшой перевес по массе, то он обычно вписывается в допуск, а вот габариты превышать нельзя — ведь величина зазора остается неизменной. Это означает, что малые космические аппараты должны быть строго определенных размеров, которые, в свою очередь, определяют запас топлива и электроэнергии для их двигателей.

Здесь одно тянет за собой другое. Малые аппараты делятся по массе и габаритам на мини-, микро- и наноаппараты. От габаритов зависят размеры их солнечных батарей. Поскольку при уменьшении линейного размера площадь уменьшается в квадрате, то и вырабатываемая батареями электроэнергия уменьшается так же.

Еще хуже дело обстоит с запасами электроэнергии и топлива на борту малых аппаратов, поскольку с уменьшением линейного размера объем уменьшается в кубе. Соответственно запасы электроэнергии в аккумуляторных батареях на борту малых аппаратов весьма скромные (см. таблицу), из-за чего для них невозможно использовать большинство эффективных электроракетных двигателей. Но запасы топлива в них оказываются еще меньше, чем запасы электроэнергии. После достижения определенного порога при дальнейшем уменьшении размеров топливного бака отношение его сухой массы к массе хранящегося в нем топлива возрастает, а массовая доля топлива катастрофически уменьшается.

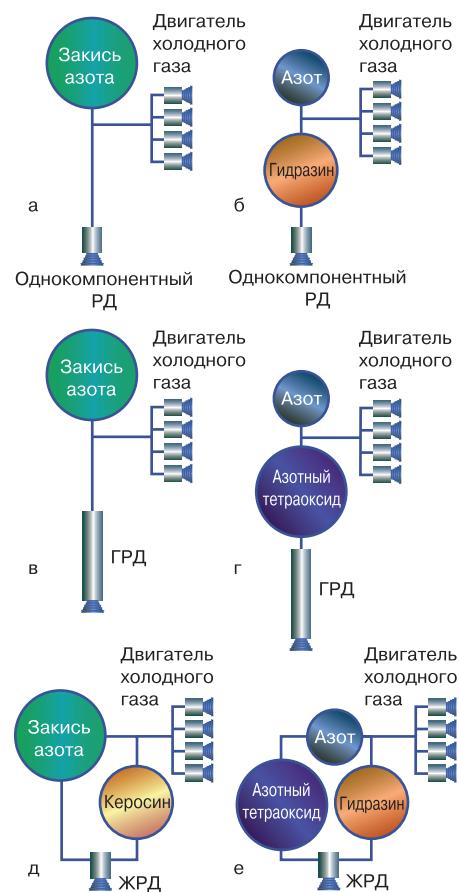
В малых аппаратах она падает ниже 30%, а часто и ниже 8%. Это означает, что приращение скорости, от которого зависит способность аппарата маневрировать на орбите, определяется уже не столько удельным импульсом двигателей, сколько запасом топлива на борту. Иными словами, стирается разница между двигателями холодного газа на закиси азота (удельный импульс 59 сек.) и азоте (73 сек.);

однокомпонентными двигателями на закиси азота (160 сек.) и гидразине (220 сек.); а также двухкомпонентными двигателями на закиси азота/керосине (320 сек.) и тетраоксиде азота/моно-метил-гидразине (290 сек.). Решающим фактором для увеличения скорости становится запас топлива на борту. И чем меньше габариты космического аппарата, тем сильнее ощущается дефицит топлива.

В такой ситуации на первый план выходит плотность топлива — ведь чем больше его удастся заправить в бак, тем больше будет и приращение скорости космического аппарата. И здесь закись азота имеет очевидное преимущество. Например, при использовании азота (давление в баке 200 атм., плотность около 230 кг/м<sup>3</sup>) можно получить приращение скорости малого аппарата массой 40 кг только в 1—3 м/сек., а для маневрирования обычно надо больше 20 м/сек. Жидкий гидразин N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (плотность около 1004 кг/м<sup>3</sup>), казалось бы, должен дать существенные преимущества в приращении скорости по сравнению с закисью азота (плотность 745 кг/м<sup>3</sup>), но поскольку давление насыщенных паров у гидразина низкое, то потребуется дополнительная система для выдавливания его из баков. Конструкция утяжеляется, и все преимущество пропадает.

Напротив, для больших космических аппаратов закись азота, к сожалению, не очень подходит. Хотя там тоже хорошо было бы заменить гидразин другим менее токсичным топливом. Дело опять же в соотношении: чем меньше размер топливного бака, тем большее давление он выдерживает при одинаковой толщине стенки. Наоборот, в больших баках высокое давление закиси азота (50 атм.) вынуждает увеличивать толщину стенки, что намного утяжеляет конструкцию (из-за этого немцы в 1937 году бросили эту затею, см. выше). В результате в больших ракетных установках используют топлива с низкими давлениями, а поскольку они не могут выдавливать себя из баков, это делают специальные турбонасосные агрегаты.

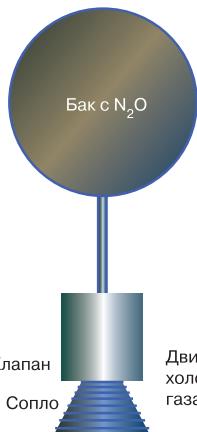
В последние годы все чаще обсуждают идею создания групп малых аппаратов, которые будут маневрировать совместно, «в связке». У таких комплексов должны быть многофункциональные двигательные установки, которые смогут и ориентировать аппарат, и сменить орбиту, и обеспечивать другие маневры. Очевидно, что для этого потребуются различные типы ракетных двигателей. Например, двигатели на азоте можно использовать для ориентации аппаратов, однако с их помощью далеко не улететь. Двигатели на гидразине могут выполнить эту задачу, но слишком мощны для тонкого маневрирования и ориентации малых аппаратов. Если скомбинировать эти две системы, то доля топлива в общей массе станет еще меньше (особенно при использовании холодного газа).



### 5

*Многоцелевые двигатели космических аппаратов, работающие на закиси азота (а, в, д), и альтернативные схемы на традиционных топливах — гидразине и тетраоксиде азота N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (б, г, е). Азот выполняет две функции: используется как топливо в двигателях холодного газа и для выдавливания жидких компонентов топлива из баков.*

*РД — реактивный двигатель, ГРД — гибридный реактивный двигатель, ЖРД — жидкостной реактивный двигатель*



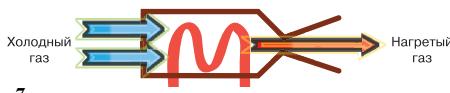
6

**Схема двигателей холодного газа.** Газ, хранящийся под давлением в баке на борту космического аппарата, по трубопроводу поступает в двигатель, который заканчивается расширяющимся соплом. Когда клапан между ними открывается, газ вытекает из двигателя, расширяется в сопле и создает тягу

## Простое решение

Вместо комбинирования двигателей, работающих на разных компонентах, например, азоте и гидразине, для малых космических аппаратов менее 100 кг можно использовать двигатели на закиси азота (рис. 5). Это будет всего один топливный бак (плотность закиси азота  $745 \text{ кг/м}^3$ , и давление около 50 атм.), к которому подсоединяют различные типы реактивных двигателей — каждый из них будет обеспечивать свой маневр.

Так, для ориентации аппарата подойдут двигатели холодного газа (рис. 6), удельный импульс которых вполне достаточен (59 сек.), чтобы изменить ориентацию космического аппарата. Для небольших маневров годятся электронагревные или однокомпонентные двигатели. Если газообразную закись азота подогреть, удельный импульс такого устройства вырастет до 200 сек. (рис. 7). Электронагревный двигатель (рис. 8) уже испытали на борту



7

**Схема электронагревного двигателя**

мини-спутника UoSAT-12, запущенного в 1999 году. На орбите также провели его холодные пуски (без нагрева) и подтвердили возможность хранения закиси азота в баках на орбите более двух лет.

На орбите закись азота хранится в баке в жидком состоянии. Поскольку у нее высокое давление насыщенных паров, она не только сама выдавливает себя из бака, но ее можно использовать и для выдавливания из бака горючего компонента топлива. Это, безусловно, делает конструкцию двигательной

установки более простой, надежной и легкой. Очевидно, что вариантам, работающим на закиси азота, понадобится меньше баков для хранения, поскольку они имеют на один компонент топлива меньше.

Еще одно преимущество: любой двигатель может использовать закись азота до конца. При необходимости она может пойти только на ориентацию или только на маневры. Такая гибкость управления очень удобна при внештатных ситуациях, когда аппарат оказывается на нерасчетной орбите. С азотом и гидразином так не получится, поскольку если использовать весь азот, то нечего будет выдавливать гидразин из баков, а если использовать весь гидразин, то остаток азота можно использовать только как холодный газ с низким удельным импульсом и тягами.

Закись азота стабильна, нетоксична, неогнеопасна и совместима со всеми материалами и элементами двигательной установки. Это выгодно ее отличает от токсичного и огнеопасного гидразина и высокотоксичного тетраоксида азота. Кроме того, последние два топлива могут вызывать коррозию топливной системы космического аппарата. Достаточно сказать, что при заправке аппаратов гидразином и тетраоксидом обслуживающий персонал работает в специальных комбинезонах с автоном-



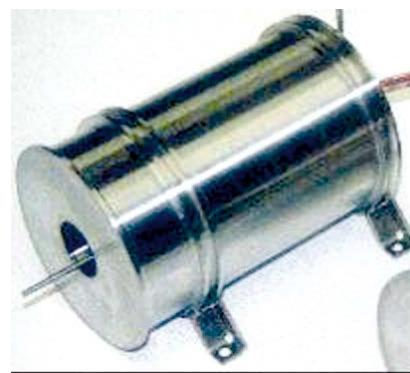
## ТЕХНОЛОГИИ

— эксплуатация чрезвычайно дорогая из-за вредности топлива. Это очень дорого, если сравнить с нетоксичной закисью азота, которая стоит 3—5 долларов за килограмм и не требует никаких специальных мер защиты.

Поскольку при испарении закиси азота потребляется большое количество тепла, она вполне подойдет и для охлаждения элементов и узлов космических аппаратов. Оборудование, которое требует охлаждения, можно монтировать на стенах бака с закисью азота либо помещать прямо в бак.

Получается, что закись азота — фактически универсальное топливо. Она компактна, может выполнять много функций, потребляет мало энергии и дает сравнительно высокие тяги ракетным двигателям. Все это особенно перспективно для малых низкоорбитальных спутников, которым по разным технологическим причинам не подходят ни импульсные плазменные двигатели, ни ракетные двигатели твердого топлива. На низких орбитах сила аэродинамического торможения, сводящая спутник с орбиты, прямо пропорциональна габаритам космического аппарата. Поэтому там двигатель должен развивать относительно высокую тягу, чтобы скомпенсировать аэродинамическое сопротивление. При этом двигатель должен потреблять мало энергии, поскольку из-за того же аэродинамического сопротивления трудно нарастить солнечные батареи. Двигатели на закиси азота отвечают этим условиям.

Итак, на орбите уже побывали гибридный ракетный двигатель на ракетоплане и электронагревный двигатель на мини-спутнике UoSAT-12. Работы по этим направлениям продолжают вести разные страны (Россия, Китай, Франция), поскольку для небольших аппаратов с маленькими баками закись азота — действительно удобная замена токсичному гидразину. Следующим шагом станет создание многофункциональных двигательных установок. Вот так веселящий газ находит нешуточное применение даже в космосе.



8

**Электронагревный двигатель «Mark-IV».** Тяга в вакууме  $0,14 \text{ Н}$ ; удельный импульс 110 сек.

ной системой подачи воздуха. Заправка закисью азота не требует специальных мер безопасности, ее может выполнять один человек.

Важное ограничение для любой технологии — цена. Существующие технологии с гидразином дороги. Самый дешевый однокомпонентный ракетный двигатель на гидразине стоит около 30 000 долларов, сами топлива — 80—160 долларов за килограмм. А заправка гидразином малых аппаратов обходится примерно в 100 000 долларов



Художник Н. Колпакова



## НАНОФАНТАСТИКА

Леша-Бройлер еще не успел переналадить свою машинку, как внутренний люк пополз вверх, и из недр транспорта на волнах воздуха полетели какие-то мелкие серые комки. Их было так много, что абордажников едва не смело обратно в рукав. Мешкова попыталась отряхнуть комки со своего скафандра и тут же отчаянно завизжала. Бройлер поднес кулак к самому носу и уставился на пойманную тварь — то была мышь.

Десятки мышей устремились по трубе в пиратский катер. Мешкова билась как пойманная бабочка, тщетно пытаясь увернуться от летучих грызунов. Бирон хватал атаманшу за руки, чтобы не дать ей начать пальбу. Бройлер переналаживал кулхацкера, чтобы тот поскорее закрыл чертов люк.

— Это что такое, мать твою так?! — верещала Мешкова. — Снимите их с меня! Откуда тут мыши?!

— Муахаха! — донеслось из динамика. — Осознали? Это домашние роботы категории петс, домашние любимцы для колоний с дефицитом кислорода и прочих жизненных удобств.

— Какой кретин будет держать дома мышей?

— У меня крыска была, — внезапно сознался Леша-Бройлер. — Умная скотина, только провода жрать любила.

— Провода? — внезапно притихла Мешкова. — По моему катеру теперь носится орда роботов-грызунов с интеллектом крысы? Идиоты, вы хоть понимаете, что это значит?!

Пираты нервно сглотнули.

— Не может быть, чтобы у этих треклятых механических мышей не было инструкции по применению, — пробормотал Бирон. — Наверняка есть какая-нибудь команда, по которой они обязаны выползти из норы к хозяину.

— Эй ты, транспорт! — позвала Мешкова. — У тебя такая инструкция есть?

— Нет. Они же стопроцентно повторяют прототип, — гордо отозвался перевозчик. — Но у меня есть средство против наших мышей. Давайте договоримся: вы отваливаете и переводите на счет нашей компании пятьдесят тысяч у. е. Ну, вроде как вы у меня этих роботов купили. И я оставляю на этом месте контейнер с пультом. Заберете, сами активируете, и мышей не будет. Идет?

— Пятьдесят тысяч? Ты не охренел, мальчик? — взвился Леша-Бройлер.

— Леха, мы можем вообще остаться без катера! — рявкнула на него атаманша. — А я так с ума сойду, если по мне ночью одна из этих тварей пробежит. Эй, транспорт, на сорока не сойдемся?

— Сорок девять и девяносто девяносто, — вздохнул хозяин роботов. — Вы меня просто грабите.

— Бирон, иди, переведешь на его счет эти долбаные деньги. Леша, отступаем. Постарайся захлопнуть рукав побыстрее, вдруг удастся хоть десяток мышей вытряхнуть в космос? Боже мой, да я скафандр не стану снимать, пока мы от них не избавимся! О-о!

Спустя несколько часов катер подобрал контейнер, и мрачная команда, распинывая мышей, вскрыла упаковку. На них вежливо поглядели сто механических кошек.

# Абордаж

Оксана Романова

Пиратский катер «Йохехо» резво подвалил к небольшому транспорту и чмокнул его бок стыковочным рукавом. Абордажный отряд во главе с атаманшей Мешковой мигом переправился к самому люку. Леша-Бройлер достал кулхацкера, завел его на три оборота и запустил под панель копаться в проводах да схемах. Транспорт такой системы вряд ли имел сложный замок, кулхацкер справится минут за пять. Скучающая Мешкова подмигнула товарищам:

— Поговорим с хламовозом?

— Легко! — согласился Бирон. — «Йохехо» вызывает транспорт-двести тридцать, алёшеньки? Есть кто живой?

— Убирайтесь! — взвизгнул динамик. — У меня на борту пять тысяч роботов, если вы не уберетесь, я их активирую, клянусь Кабукой!

— Эй, парень, мы вскрыли базу таможенных деклараций. Твои роботы домашние.

— И что? И что?! Они со стопроцентным интеллектом прототипов! Сейчас спущу их всех на вас, будете кровавыми соплями умываться!

— Какой грозный мальчик, — фыркнула Мешкова. — Ты думаешь, мы испугаемся говорящих тостеров и умных пылесосов? Открой люки, и никто не пострадает. Заберем твои игрушки, а потом можешь катиться куда захочешь.

— Последний раз предупреждаю, — паника в голосе перевозчика перерастала в истерику, — я их включу, если вы...

Кулхацкер довольно пискнул из недр проводов, что-то щелкнуло, и шлюзовой люк открылся. Абордажная команда влетела в камеру.

— А-а-а! — завопил динамик. — Ну держитесь, вы сами на то нарывались!



# Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ

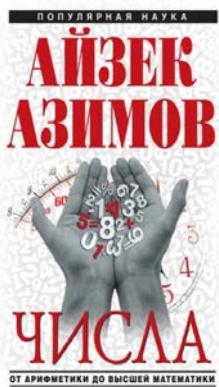
**Митио Каку**  
Физика будущего  
М., Альпина нон-фикшн, 2012

**К**ому, как не ученым-физикам, рассуждать о том, каким станет мир в 2100 году? Усилием воли будут управляться компьютеры, силой мысли человек сможет двигать предметы, мы будем подключаться к мировому информационному полю — оказывается, возможно и не такое. Искусственные органы; парящие в воздухе автомобили; невероятная продолжительность жизни и молодости — все это не фантастика, а научные прогнозы.



**Айзек Азимов**  
Числа. От арифметики до высшей математики  
М., Эксмо, 2012

**З**наменитый фантаст и популяризатор науки знакомит читателя с магией чисел. Свой увлекательный рассказ Азимов начинает с древнейших времен, когда человек использовал для вычислений пальцы, затем знакомит нас со счетами, а также с историей возникновения операций сложения, вычитания, умножения и деления. Шаг за шагом, от простого к сложному, используя занимательные примеры, автор ведет нас тем же путем, которым шло человечество, совершенствуя свои навыки в математике.



**Юрий Головин;  
под ред. Л. Н. Патрикеева**

Наномир без формул  
М., Бином.  
Лаборатория знаний,  
2012



**О**сновные идеи и принципы нанонауки и нанотехнологий изложены в этой книге просто и доступно. Книга адресована школьникам, представителям социально-гуманитарных профессий, а также представителям самых различных специальностей.

**Стивен Хокинг,  
Леонид Млодинов**

Высший замысел  
М., Амфора,  
2012  
М., УРСС, ЛКИ,  
2011

**С**тивен Хокинг с точки зрения астрофизики дает ответы на все самые важные вопросы, которые когда-либо волновали человечество. Существует ли Бог? Какие процессы происходят во Вселенной? Откуда все возникло? Какова природа реальности? Что ждет нас после смерти? Есть ли жизнь на других планетах? Что ждет человечество в будущем? Известный физик отвечает на эти сложнейшие вопросы доступным и понятным языком, подкрепляя приведенные доказательства логикой и фундаментальными научными знаниями.



**Б.А.Богатых**

Фрактальная природа живого.  
Системное исследование  
биологической эволюции  
и природы сознания  
М., Либроком, 2012



**А**втор, сотрудник Обнинского технического университета атомной энергетики, сравнивает биологические объекты и их эволюцию с фракталами — особым классом математических объектов. По его мнению, такой подход позволяет объяснить многие свойства живой материи, которые иначе трудно поддаются пониманию. В книге рассматриваются природа полиморфических рядов в растительном и животном мире, гиперциклы М.Эйгена, гомологические ряды наследственной изменчивости Н.И.Вавилова, теория функциональных систем П.К.Анохина. Она может быть полезна широкому кругу специалистов, интересующихся современным состоянием эволюционной теории — биологам, экологам, медикам, психологам, обществоведам, философам.

**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)**

# Реактивный двигатель микробота

Работа микронного размера, выполняющий внутри человеческого организма какую-то полезную работу, — дело отдаленного будущего. Однако инженеры уже задумались над тем, как он будет передвигаться. С током крови? С движением еды, подобно знаменитой «кремлевской электронной таблетке»? Хорошие способы, но, к сожалению, представляют собой пассивный путь в одном направлении. А чтобы совершать сложные перемещения, иметь возможность возвращаться назад, требуется настоящий двигатель. И прототип такого двигателя был предложен в 2004 году. Это сделали исследователи из Пенсильванского университета во главе с Аюсманом Сеном. Они использовали частицы-кентавры, стороны которых обладают разными свойствами, — например, цилиндры длиной в микрон и диаметром 370 нм, один конец из платины, а другой — из золота. Топливом двигателю служила перекись водорода: платиновый конец ее разлагал и получался пузырек кислорода, который обеспечивал передвижение цилиндра. Скорость же составила 10 микрон (то есть 10 собственных длин цилиндра) в секунду; примерно так перемещаются ресничные микроорганизмы. Эти опыты вызвали большой интерес — немало исследователей стало изучать двигатели-кентавры. А первооткрыватели принципа тем временем продолжали работу. В 2009 году группа Сена создала золотые зубчатые колеса, которые вращались в перекиси (платиновые вставки располагались на зубах и за счет химической реакции создавали вращательный момент). Эти же исследователи обнаружили у частиц-кентавров явление хемотаксиса, которое до сих пор считалось присущим только живым существам: в силу чисто химического взаимодействия с окружающей средой платиново-золотая частица



двигалась по направлению градиента концентрации перекиси водорода.

Полезный груз к двигателю в первый раз прикрепили, используя кулоновскую силу: к золотому концу приделали отрицательно заряженную полипирроловую вставку, а к нему прицепили частицу амидина в положительно заряженной полистироловой оболочке. Кентавр послушно тащил частицу в направлении роста концентрации перекиси.

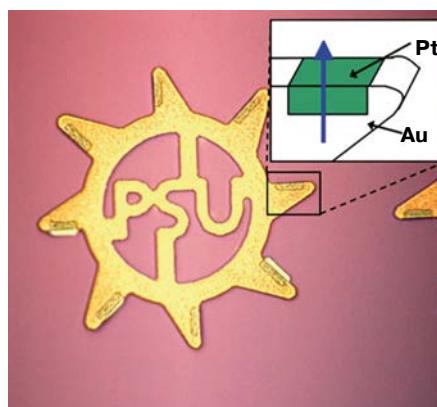
Новый этап в разработке реактивного микродвигателя наступил в 2009 году, когда исследователи из дрезденского Института интегральной нанонауки и штутгартского Института исследования твердых тел общества Макса Планка совместно с китайскими коллегами из Гонконгского университета научились сворачивать из листов металла и полимера трубы микронного размера. Получился неплохой аналог сопла реактивного

Так летит микrorакета с цинково-водородным двигателем ( эта и соседняя фотографии из статьи Wei Gao и др. *Hydrogen-Bubble-Propelled Zinc-Based Microrockets in Strongly Acidic Media*, «Journal of the American Chemical Society», 2012, т. 134, № 2)

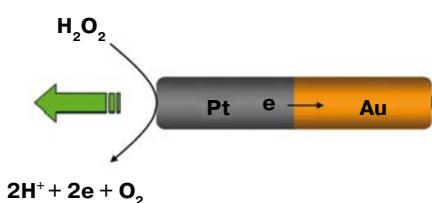
двигателя. Полимер в нем служил корпусом, внутри которого располагался слой катализатора: за счет разложения все той же перекиси он создавал поток пузырьков кислорода, и те, вылетая из трубы, двигали ее. Скорость возросла до 2 мм (или 50 длин трубы) в секунду. В нее оказалось возможным встроить еще и кусочки магнитного металла, чтобы управлять движением с помощью вращающегося магнитного поля.

Перекисный мотор обладает несомненной перспективой для химического микропроизводства, где используют перекись водорода, однако в организме это вещество найти нелегко: микроботу при случае придется ее брать с собой, то есть возникает та же проблема, что и при полетах в космос, когда ракета в основном везет свое топливо. Сену в 2011 году удалось создать кентавра из меди и платины, который передвигался в слабом растворе брома или иода, при этом медь растворялась. Однако проблема осталась — градиенты этих веществ надо создавать в организме искусственно, что можно сделать, например, при лечении ран, но в целом решение не намного лучше перекисного.

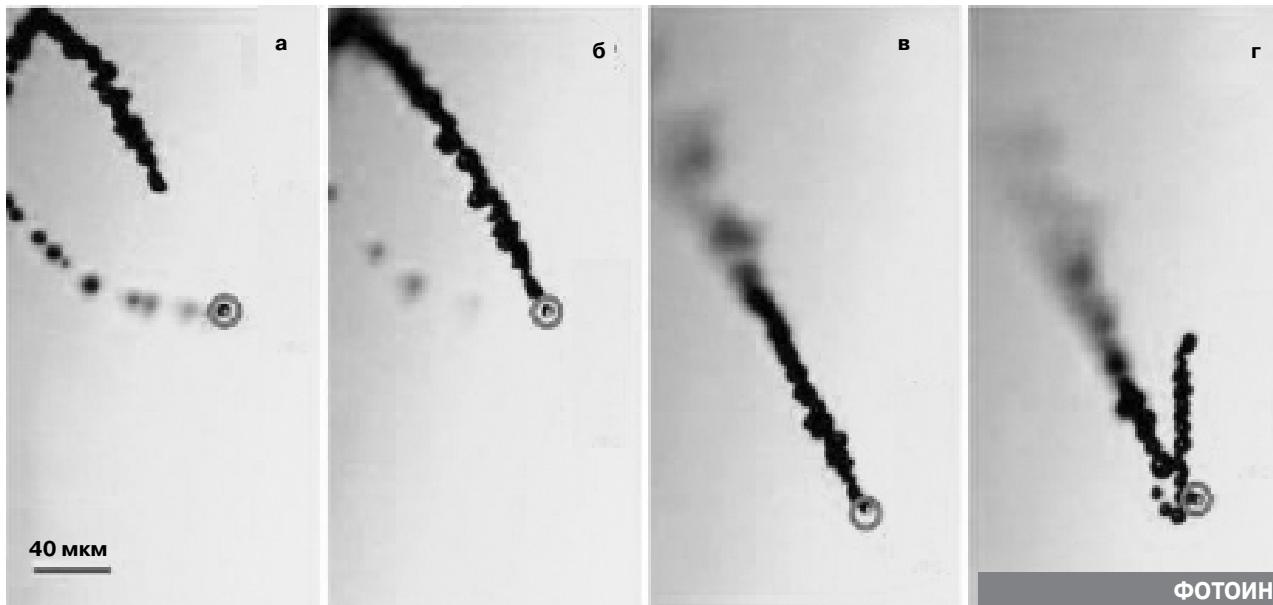
Исследователи из Калифорнийского университета в Сан-Диего во главе с Джозефом Вангом решили использовать вещество, которое присутствует в организме в большом количестве, а именно ионы водорода («Journal of the American Chemical Society», 2012, т. 134, № 2, с. 897, doi: 10.1021/ja210874s). Конечно, не везде их много, но в одном из тех органов, которые болеют весьма часто у большинства людей, — желудке — они имеются в предостаточном количестве. Двигатель Ванга основывается на известном школьном опыте получения водорода в аппарате Киппа: чтобы создать поток пузырьков этого газа,



Микроскопическая шестеренка крутится благодаря разложению перекиси с участием платиновой вставки (фото из статьи Ayusman Sen и др. *Chemo and phototactic nano/microbots*, «Faraday Discussions», 2009, т. 143, с. 15)



Принцип работы перекисного микродвигателя



## ФОТОИНФОРМАЦИЯ

**Магнитная микrorакета, пролетая мимо намагнитенной частицы (а), подцепляет ее (б), переносит на некоторое расстояние (в), а затем высвобождает груз и летит дальше (г)**

достаточно было покрыть внутреннюю поверхность полимерной микротрубки слоем цинка. Испытания двигателя в различных биологических жидкостях, в том числе в плазме крови, показали, что он работает весьма эффективно, а в крепкой кислоте перемещается с рекордной скоростью до 100 собственных длин (или 1050 мкм) в секунду (если перевести это на габариты автомобиля, то получится суперболид, пролетающий 1500 км в час). В разбавленной скоростью

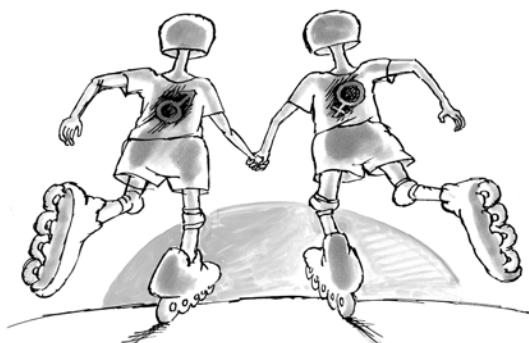
падает до 8 мкм/с. Полет проходил стабильно, двигатель выбрасывал по 75 пузырьков газа в секунду, и так до тех пор, пока весь цинк не растворялся, что занимало от десяти секунд до двух минут.

Ракета научилась еще и захватывать по дороге полезный груз. Для этого в корпус двигателя встроили магнитные частицы, и груз тоже одели в магнитную оболочку. Под действием магнитного поля ракета, пролетая мимо полистиролового шарика с магнитными включениями, захватывала его, после чего скорость падала со 100 до 90 мкм в секунду. Далее полет проходил по линии внешнего магнитного поля, ко-

торое направляло ракету в цель. А по достижении ее поле резко менялось на противоположное, и при этом груз от ракеты отцеплялся.

Исследователи считают, что предложенный ими двигатель пригодится в будущем везде, где есть много кислоты. А это не только человеческий организм, но и различные области техники, например измерение кислотности среды (в данном случае по скорости движения микробота или микроэлектроника, где применяют мокрое травление с использованием кислоты).

**А. Мотыляев**



### Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс», ИНН/КПП 7701325151/770101001

Банк: АКБ «РосЕвроБанк» (ОАО) г.Москва, Номер счета: № 40703810801000070802, к/с 30101810800000000777, БИК 044585777

Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»

На всякий случай пришлите копию оплаченной квитанции с указанием адреса доставки в редакцию: 105005, Москва, Лефортовский пер., д.8, АНО «НаукаПресс»; по факсу (499) 267-54-18 или электронной почтой на [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru)



## О подписке

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

Стоимость подписки на 2012 год с доставкой по РФ – 720 рублей за полгода, при получении в редакции – 540 рублей.

Об электронных платежах см. [www.hij.ru](http://www.hij.ru).

## Об архиве

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



Художник С.Дербачев

# Сверхпровод

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

Двадцать шесть лет назад Георг Беднорц и Карл Мюллер открыли высокотемпературную сверхпроводимость, четверть века назад они получили Нобелевскую премию. Эти годы не прошли даром: в Германии начали прокладывать километровый кабель из высокотемпературного сверхпроводника, чтобы соединить две действующие трансформаторные подстанции в

городе Эссене (агентство «AlphaGalileo», 13 января 2012 года). Это своего рода рекорд — до сих пор применять сверхпроводящие кабели в энергетике пытались в рамках пилотных проектов куда меньших масштабов. Сверхпроводимость, некогда забавная игрушка, экзотическое средство для решения чисто научных или каких-то еще специфических задач, позволяющих не считаться с затратами, находит практическое применение, она уже буквально у нас под ногами. Более того, именно сверхпроводящее оборудование оказывается жизненно необходимым для включения в электросети источников возобновляемой энергии. Однако прежде чем рассказать об этих технических новинках, вспомним историю сверхпроводимости, воспользовавшись для этого статьей участника событий — академика В.И.Гинзбурга («Успехи физических наук», 2000, т. 170, № 6).

## Родом из теории металлов

Открытие сверхпроводимости, совершенное в лаборатории Хайке Камерлинга-Оннеса в Лейденском университете в 1911 году, оказалось в некоторой степени побочным продуктом: исследователь занимался систематическим изучением поведения металлов при низких температурах. Дело в том, что физики того времени не вполне понимали, отчего металлы проводят ток. В 1900 году Анри Друде создал первую теорию металлов, согласно которой проводимость обеспечивает газ коллективизированных электронов, однако никакой ясности с его поведением не было. Судить о свойствах электронного газа можно было по тем свойствам образцов, которые физики умели измерять и которые считались зависящими от поведения электронного газа — теплоемкости и электропроводности. В частности, бытовало мнение, что при низких температурах, когда колебания ионов кристаллической решетки становятся столь малыми, что перестают влиять на поведение электронов, электропроводность должна падать. Сейчас установлено, что подобное поведение характерно не для металлов, а для полупроводников. Проверка этой гипотезы, в частности, и вызвала многочисленные попытки получить максимально низкие температуры, для чего понадобились жидкие газы. В 1908 году в лаборатории Камерлинга-Оннеса первыми охладили гелий до 4,23 К и перевели его в жидкое состояние (вплоть до 1928 года лейденцы были монополистами по производству этого вещества, из-за чего никто не мог воспроизвести их опыты).

Столь глубокое охлаждение металлов гипотезу не подтвердило — электропроводность закономерно возрастала с охлаждением. Так и должно быть: согласно ныне действующей теории металлов, за сопротивление электрическому току отвечают именно колебания ионов решетки, на которых рассеиваются электроны. Чем ниже температура, тем меньше колебаний и меньше рассеяние. Вот тогда-то и возникла красивая гипотеза, что в чистом металле это закономерное снижение должно привести сопротивление в нуль по достижении абсолютного нуля температуры. Поскольку наиболее чистые металлы — это благородные, Камерлинг-Оннес начал было ставить опыты с платиной. К счастью (платина на самом деле никогда не теряет своего электросопротивления), найти металл высокой степени очистки ему не удалось. И опыты были поставлены на другом малоактивном металле — ртути. Поместив ее в жидкий гелий, сотрудник лейденской лаборатории Жиль Хольст, будущий первый директор исследовательских лабораторий компании «Филипс», обнаружил, что при охлаждении до 3 К образец резко потерял свое сопротивление. Впоследствии было выяснено, что температура сверхпроводящего перехода в ртути при атмосферном давлении составляет 4,15 К, то есть чуть-чуть ниже температуры кипения жидкого гелия. О результате было доложено научному сообществу 25 ноября 1911 года, и с этой даты начинается история изучения сверхпроводимости. Оно шло двумя путями: поиск других сверхпроводников, желательно с высокой температурой перехода, и создание теории явления. Оба пути оказались весьма извилистыми

## Гелий и сверхпроводимость

Спустя два года в той же лейденской лаборатории выяснили, что случай с ртутью не курьез, а закономерность. При температуре 3,69 К сопротивление потеряло белое олово, а при 7,26 К — свинец. Кроме того, оказалось, что сверхпроводящее состояние зависит от силы тока и от приложенного магнитного поля: чрезмерно большой ток или сильное поле это состояние разрушают.

Гинзбург отмечает, что Каммерлинг-Оннес был близок к открытию еще двух интересных явлений. Первый из них — изотопический эффект, зависимость температуры перехода



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

от изотопного состава вещества. Этот, казалось бы, экзотический эффект впоследствии привел к созданию основы теории сверхпроводимости. К сожалению, опыты в Лейдене ставили на таких образцах свинца, у которых различие температуры перехода составляло сотые доли градуса, что нельзя было заметить при тогдашнем уровне техники эксперимента. Изотопический эффект был открыт только в 1950 году. Второй, значительно более яркий эффект — выталкивание магнитного поля из сверхпроводника — в 1933 году открыл Фриц Мейснер, а Камерлинг-Оннес его почти наблюдал, но не зафиксировал, поскольку в целях экономии жидкого гелия ставил опыты с полым свинцовым шаром, в котором эффект Мейснера маскируется за счет создания своеобразной системы токов. Эффект Мейснера любят показывать в виде сверхпроводниковой левитации, когда образец, перейдя в сверхпроводящее состояние, взлетает над магнитом. Такая левитация позволяет, по крайней мере в мечтах, создавать транспорт на сверхпроводниковой магнитной подушке.

Как бы то ни было, в 1913 году Камерлинг-Оннес получил свою Нобелевскую премию, однако не за сверхпроводимость, а за более широкие «исследования свойств веществ при низких температурах, приведших, кроме всего прочего, к получению жидкого гелия». После этого он сосредоточился на изучении жидкого гелия и почти открыл его сверхтекучесть — как выяснилось впоследствии, неразрывно связанную со сверхпроводимостью. Однако этот эффект академик П.Л.Капица открыл только в 1938 году (а Нобелевской премии удостоился за это спустя 40 лет), поскольку совсем непросто наблюдать особенности протекания сверххолодной жидкости через мельчайшие капилляры, да и догадаться, на что следует обратить особое внимание, тоже нелегко. Напомним, что сверхтекучесть гелия была объяснена как квантовый эффект — образование конденсата из атомов гелия-4. Эти частицы с нулевым значением спина подчиняются статистике Бозе — Эйнштейна, то есть в одном квантовом состоянии может находиться бесконечное множество таких частиц. Альтернатива — статистика Ферми — Дирака: в одном квантовом состоянии может находиться не более одной частицы. Бозоны при достаточно охлаждении способны образовывать конденсат из частиц в одном квантовом состоянии. Конденсат поглощает и выделяет энергию только квантами, не больше и не меньше. Поэтому квантовая жидкость будет течь без трения — она просто не способна воспринять возникающую при трении слишком малую энергию. Электроны — типичные частицы, подчиняющиеся статистике Ферми — Дирака, поэтому при всей схожести сверхпроводимости со сверхтекучестью: и там, и там жидкость течет без сопротивления, мысль о том, что и здесь есть конденсат Бозе — Эйнштейна, до поры до времени внимания не привлекала.

Впрочем, все эксперименты, проводившиеся более полувека, так и не позволили заметно уйти от гелиевых температур сверхпроводимости. Рекордсменом стало синтезированное в 1973 году соединение  $Nb_3Ge$  с температурой перехода 24 К. Это уже выше температуры кипения жидкого водорода, но до самого распространенного сжиженного газа — азота — еще очень далеко. В поисках подходящего кандидата должна была бы помочь теория явления, однако с ней дело обстояло плохо.

## Теория

После открытия эффекта Мейснера стало понятно, что сверхпроводящее состояние — это некая новая фаза твердого тела, которую можно описать каким-то термодинамическим параметром. Было понятно и то, что явление связано с поведением электронов проводимости. В 1935 году братья Фриц и Хайнц Лондоны предложили первую модель, объясняющую макроскопические свойства сверхпроводника в слабых магнитных полях. Однако построить удовлетворительную микроскопическую модель, описывающую всю совокупность явлений, не удавалось.

В 1933 году Ханс Бете писал: «Насколько велики успехи теории при объяснении нормальных явлений проводимости, настолько же мало удалось до настоящего времени сделать в отношении решения задачи о сверхпроводимости. Существует лишь некоторое число гипотез, до сих пор совершенно не отработанных, в силу чего их правильность не может быть проверена». К проблеме безуспешно подступали и Бор, и Эйнштейн.

В 1942 году, будучи в эвакуации в Казани, теорией сверхпроводимости под влиянием статей Л.Д.Ландау увлекся и В.Л.Гинзбург. Итогом стало появление в 1950 году теории Гинзбурга — Ландау, которая описывала поведение сверхпроводника в том числе и в сильном магнитном поле. У этой теории было несколько измеряемых параметров, один из которых — заряд частицы, переносящей сверхпроводящий ток. Он оказался примерно равен двум-трем зарядам электрона. Такой результат показался авторам работы чрезвычайно странным, но никаких выводов сделано не было, хотя правильное решение висело на кончике пера. Гинзбург пишет: «Смысл этого результата, конечно, то, что речь идет о куперовских парах как раз с зарядом  $2e$ . Любопытно, что такая простая, казалось бы мысль никому не пришла в голову, в частности, ни Ландау, ни мне. В случае Ландау это вполне понятно — в своей теории сверхтекучести Ландау не увидел связи между сверхтекучестью и бозе-эйнштейновской статистикой атомов Не-4. Поэтому и идея «спаривания» электронов с превращением, можно сказать, фермионов в бозоны не возникла. Себе же я не вижу оправданий, ибо даже отмечал [в 1952 году], что для заряженного бозе-газа должен иметь место эффект Мейснера. Кроме того, возможно (сейчас уже не помню), я знал о том, что идея о спаривании электронов с последующей бозе-эйнштейновской конденсацией и появлением сверхпроводимости еще в 1946 году выдвигалась Огтом, а затем Шафротом. Однако и Бардин в своем обширном обзоре 1956 года не упоминает Огга, хотя и знал работы Шафрота, нигде не касается возможности спаривания. Только работа Купера 1956 года сделала идею спаривания популярной и не-посредственно привела к созданию теории БКШ».

Этими тремя буквами обозначены фамилии американских физиков Джона Бардина (кстати, создателя первого транзистора), Леона Купера и Джона Шриффера, удостоенных в 1973 году Нобелевской премии за свою теорию, которую они опубликовали в 1957 году. Суть ее такова. После открытия в 1950 году изотопического эффекта в сверхпроводниках стало понятным, что явление как-то связано со свойствами не только электронного газа, но и решетки. Отсюда оставался один шаг до идеи, что колебания решетки — фононы — как-то объединяют электроны в пары. Купер и обнаружил этот эффект спаривания, названный его именем. Пара электронов — совсем не то же самое, что одинокий электрон: если ее рассматривать как единую частицу, то окажется, что она лишена спина и, значит, подчиняется статистике Бозе — Эйнштейна. А стало быть, пары способны образовывать конденсат, квантовую заряженную жидкость, переносящую ток без сопротивления. Как ни странно, электроны-пары в металлических сверхпроводниках находятся отнюдь не рядом: расчет показывает, что их разделяет расстояние в тысячи ангстрем, то есть в сотни параметров решетки. Нейл Ашкрофт и Натаниэль Дэвид Мермин в своем знаменитом учебнике «Физика твердого тела» 1976 года издания писали

об этом: «Следовательно, внутри области, занимаемой любой парой, окажутся многие (миллионы или даже более) пар. Эта черта сверхпроводимости крайне важна. Пары нельзя представить в виде независимых частиц — они замысловатым образом переплетены в пространстве, что весьма существенно для стабильности состояния... Важным условием стабильности пары оказывается факт существования всех остальных пар, описываемых точно такими же волновыми функциями. Поэтому нельзя изменить волновые функции отдельных пар, не разрушив полностью состояния со спаренными электронами, а это потребовало бы огромных затрат свободной энергии».

## К высокой температуре

В теории БКШ получается довольно простое выражение для температуры сверхпроводящего перехода, которое позволяет оценить перспективы создания высокотемпературных сверхпроводников:  $T_c = \Theta^{-1/\lambda}$ , где  $\Theta$  — энергетическая характеристика того взаимодействия, которое связывает электроны в пары, а  $\lambda$  — параметр силы этой связи, который в теории предполагается малым. Когда электроны связаны с помощью фононов, первой мерой выступает температура Дебая, определяемая максимальной энергией фононов. Поскольку температура Дебая для металлов составляет примерно 500 К, а параметр силы связи не превышает одной трети, нетрудно посчитать, что температура сверхпроводимости не может быть выше 30—40 К. Лишь для металлического водорода температура Дебая должна достигнуть 3000 К, обеспечивая сверхпроводимость при комнатной температуре, но ввиду отсутствия на Земле такого вещества это, скорее, теоретическое знание.

Такой результат должен был разочаровать исследователей, занятых поиском высокотемпературных сверхпроводников. И действительно, они стали думать о том, как бы связать электроны в пары с помощью другого, нефононного механизма. В частности, В.Л.Гинзбург предложил использовать экситонный механизм: организовать связь между электронами проводимости за счет особых квазичастиц — электронных возбуждений. Поскольку аналог температуры Дебая для экситонов измеряется в тысячах и десятках тысяч градусов, этот механизм при той же силе связи должен дать горячую сверхпроводимость при температуре до 500 К. Теоретически для использования такого механизма нужно заключить металлический слой, содержащий электроны проводимости, между двумя диэлектрическими слоями, где образуются экситоны, однако пока что никому не удалось добиться успеха. Создать же такую структуру можно как искусственно, напылив соответствующие тонкие пленки, так и вырастив соединение, решетка которого состоит из слоев атомов с разными электрическими свойствами. Что касается увеличения силы связи между электронами и фононами, то на эту идею смотрели скептически, поскольку чем сильнее такая связь, тем менее стабильна решетка.

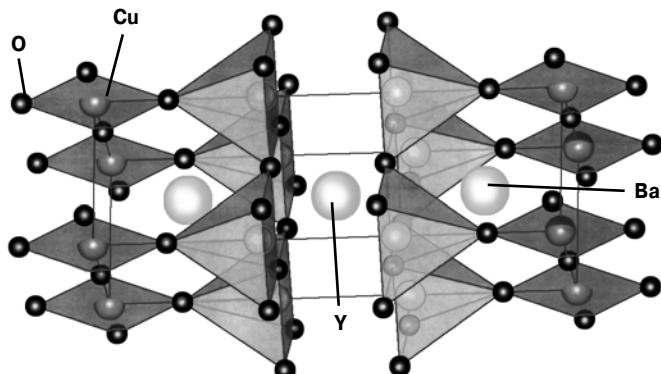
## Купратный рекорд

Все изменилось в 1986 году, когда была открыта высокотемпературная сверхпроводимость в купратной керамике. Идея поискать сверхпроводимость в веществе, которое в нормальном состоянии ток почти не проводит, выглядит достаточно экзотически, но, перебрав все проводники, исследователи были вынуждены обратить внимание и на другие системы. В частности, на оксиды. Некоторые эксперименты были успешными, и появился вывод: у сложных оксидов с отклонениями кислорода от стехиометрического состава (это важно!), несмотря на низкую концентрацию подвижных носителей заряда, сверхпроводимость присутствует с максимальной температурой 13 К. Эти результаты и легли в основу стратегии поиска керамических сверхпроводников, предпринятых сотрудниками цюрихского Исследовательского центра компании IBM Георгом

Беднорцем и Карлом Мюллером в начале 80-х годов, как они сами рассказывают в своей нобелевской статье («Zeitschrift für Physik B Condensed Matter», 1986, т. 64, с. 189). Поиск увенчался успехом к 1986 году, когда в керамике состава  $\text{Ba}_x\text{La}_{5-x}\text{Cu}_5\text{O}_{5(3-y)}$ , где  $x$  был равен 1 и 0,75 (то есть добавка бария небольшая), а  $y$  больше нуля (атомов кислорода несколько не хватает до стехиометрии  $(\text{Ba},\text{La})\text{CuO}_3$ ), стала наблюдаться необычная зависимость сопротивления от температуры. При охлаждении сопротивление сначала падает, как это принято у металлов, затем резко возрастает, а потом опять падает, но уже почти до нуля. Сильный ток такое состояние разрушает — характерная черта сверхпроводимости. Температура перехода зависела от техники приготовления образца (причина в том, что каждый из них представлял смесь трех фаз с разной кристаллической решеткой, причем за сверхпроводимость отвечала лишь одна; ее-то содержание и менялось от образца к образцу). Рекорд же был равен 30 К, на 7 К выше, чем у открытого почти за пятьдесят лет до того  $\text{Nb}_3\text{Ge}$ .

Решетка сверхпроводящей фазы была похожа на ту, что предлагал Гинзбург: пирог из слоев оксида меди, переложенных прослойками из металлов. Однако экситонный механизм тут был ни при чем. Беднорц и Мюллер предположили, что за связь электронов в сверхпроводящие пары отвечают поляроны — эти квазичастицы можно представить как упругое искажение решетки, связанное с электроном. При перемещении по решетке за ним следует целая свита колебаний атомов — фононов. Внезапное повышение сопротивления в купрате было вызвано как раз началом связывания электронов проводимости с такими квазичастицами. Впрочем, надежного подтверждения этому механизму впоследствии найдено не было. Более того, вплоть до настоящего времени теории механизма высокотемпературной сверхпроводимости не предложено, зато счет гипотезам идет на десятки. Их объединяет мнение, что фононный механизм здесь не действует либо действует каким-то необычным образом. Во всяком случае, доподлинно известно, что длина пары в них в тысячи раз меньше, чем в сверхпроводящих металлах, — оба электрона пары оказываются в соседних ячейках кристаллической решетки. Впрочем, если предположить, что все-таки действует фононный механизм, что температура Дебая в купратах велика — 600 К, а параметр силы связи электронов и фононов равен 2, то по теории БКШ получится вполне разумная оценка температуры перехода: 200 К.

Хотя механизм был неясен, после этого открытия поднялось настоящее цунами экспериментальных работ по сверхпроводимости сложных оксидов. Уже через три месяца, в марте 1987 года, исследователи из Алабамского и Хьюстонского университетов нашли высокотемпературную сверхпроводимость в соединении  $(\text{YBa})_2\text{CuO}_{4-y}$ . Это был настоящий прорыв: керамика переходила в сверхпроводящее состояние при 94 К, то есть выше температуры кипения жидкого азота (77,4 К). Такой результат качественно изменил ситуацию со сверхпроводимостью: получение жидкого азота обходится в тридцать раз, а его поддержание в таком



Такая слоистая структура обеспечила иттрий-бариевую керамику высокотемпературную сверхпроводимость



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

состоянии — в пятьдесят раз дешевле, чем для жидкого гелия. Это и дало шанс сверхпроводникам превратиться из игрушки ученых в предмет промышленного производства. Впрочем, Нобелевский комитет не счел нужным наградить американских ученых, совершивших это важное открытие. Впоследствии оказалось, что оптимальный состав иттрий-бариевой керамики соответствует формуле  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ . В этой керамике тройные слои полиэдров из  $\text{CuO}_5$  и  $\text{CuO}_4$  перемежаются слоями иттрия с барием, причем считается, что носители заряда возникают из-за недостатка кислорода.

Путь был найден: изучать вещества со схожими слоистыми структурами. Дальнейшие успехи появиться не замедлили. В мае 1987 года французские исследователи из Канского университета в Нижней Нормандии нашли свободную от редкоземельных элементов висмутовую керамику состава  $(\text{BiSr})_2\text{Cu}_2\text{O}_{7+y}$ . Ее температура перехода была 7—22 К, а добавка кальция позволила японским исследователям из Цукубы поставить в январе 1988 года новый рекорд: 105 К для состава  $\text{BiSrCaCu}_2\text{O}_x$ . В августе 1988 года другая группа японцев, тоже из Цукубы, создала таллиевую керамику  $\text{TiBa}_2\text{Ca}_3\text{Cu}_4\text{O}_{11}$ , в элементарной ячейке которой было четыре слоя оксида меди на один слой таллия. Ожидаемо, ее температура перехода оказалась самой высокой — около 120 К. В 1991 году таллиевая керамика  $(\text{TiBaCa})_2\text{Cu}_2\text{O}_{10-y}$  поставила новый рекорд, 128 К. В марте 1993 появилась еще одна группа высокотемпературной сверхпроводящей керамики — ртутная: С.Н.Путилин и Е.В.Антипов, сотрудники химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, совместно с коллегами из Франции и США открыли сверхпроводимость при 94 К в соединении  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+y}$ . Добавка кальция позволила тому же коллективу повысить эту температуру до 120 К. И вот, наконец, в мае 1993 года («Nature», 1993, т. 363, с. 56, doi:10.1038/363056a0) был поставлен абсолютный рекорд при нормальном давлении — исследователи из Цюрихского федерального технологического института получили керамику состава  $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+y}$  с тремя слоями  $\text{CuO}_2$  на ячейку. Ее температура перехода дошла до 133 К. До следующей знаменитой точки, температуры испарения сухого льда, после чего со сверхпроводником было бы обращаться не сложнее, чем с мороженым, остался один шаг, всего 62 градуса, но его за двадцать лет сделать пока не удалось. Были попытки применить высокое давление к тем же ртутным сверхпроводникам, но оно увеличивало температуру лишь на тридцать градусов. Есть мнение, что потенциал слоистых купратаов исчерпан и для получения горячей сверхпроводимости при комнатной температуре и выше нужно искать какие-то свежие идеи. Надежда было появилась в 2001 году, когда японские исследователи обнаружили сверхпроводимость при 39 К у дигорида магния. Хоть он и обладает слоистой структурой — слой магния, окруженный слоями бора, — но повторить купратные подвиги этому веществу не удалось. Для схожей структуры на основе алмаза расчет дает температуру перехода в 400 К, но как ее создать — пока никто не знает. Раз в два-три года появляются сообщения об открытии вещества с горячей сверхпроводимостью, однако теперь нравы не те, что были во времена Камерлинга-Оннеса, на слово друг другу ученые не верят, а проверки в других лабораториях эти сообщения не выдерживают. И все же поиски вещества мечты как экспериментаторами, так и теоретиками продолжаются во всем мире.



# Сверхпроводимость и техносфера

**С.М.Комаров**

## Размерный фактор

Когда и если горячая сверхпроводимость будет найдена, техносфера нашей цивилизации претерпит серьезные изменения, а в обиходе появится множество новых устройств — от миниатюрных чувствительнейших антенн до новых эффективных электродвигателей и сетей

передачи электроэнергии. О том, как это будет, можно судить по уже имеющемуся опыту использования сверхпроводников. Самое главное свойство сверхпроводника — способность проводить ток без сопротивления. А главное следствие этого свойства в том, что сверхпроводящий кабель не нагревается, даже если пропускать через него большой ток. Обычный же медный или алюминиевый провод при слишком большом токе попросту расплавится. Чтобы этого не случилось, нужно применять системы охлаждения, тем более мощные, чем выше сила тока,

а сам провод делать толще. Сверхпроводник тоже надо охлаждать, однако затраты энергии на это никак не зависят от пропускаемого тока. Иное дело размер, ведь второе главное свойство сверхпроводника — разрушение сверхпроводящего состояния при слишком большой плотности тока. Тем не менее, как оказалось, есть сверхпроводники, которые способны обеспечивать гигантские значения плотности тока — десятки миллиардов ампер на квадратный метр. Поэтому для пропускания тока в сотни ампер можно ограничиться тончайшими

волокнами или пленками микронной толщины. Этот не идет ни в какое сравнение с медными шинами в палец толщиной: даже с учетом всей криогенной системы сверхпроводящий кабель для передачи большого тока оказывается в пять раз тоньше, чем аналогичный медный.

## Магниты

Большие токи, которых можно достигать в сверхпроводнике при малом размере кабеля, обеспечили самое первое и по сей день основное применение сверхпроводящих устройств — мощные электромагниты. Они появились в ходе научно-технической революции середины XX века. Тогда сильную потребность в мощных магнитах испытывали физики: окрыленные успехом ядерного проекта, они проникали все глубже и глубже внутрь материи, а для этого требовались ускорители, разгоняющие элементарные частицы до огромных энергий. Такие ускорители без мощных магнитов не создашь. Впрочем, магнитному направлению мешало третье свойство сверхпроводников — разрушение состояния в чрезмерно сильном магнитном поле. Эту трудность преодолели, когда были найдены соединения ниобия — NbTi и Nb<sub>3</sub>Sn, выдерживающие и большие плотности тока, и большие поля. Производство сверхпроводящих магнитов в начале 60-х годов было налажено в обеих сверхдержавах, СССР и США, и с тех пор именно они составляют магнитную систему всех крупных физических проектов, будь то ускорители (на магниты в церновском Большом адронном коллайдере пошло 1700 тонн, или 7000 км провода из NbTi) или установки для термоядерного синтеза (в ИТЭРе будет использовано 6300 тонн сверхпроводящего кабеля из NbTi и Nb<sub>3</sub>Sn). В США



Обмотки из низкотемпературного сверхпроводника будут у магнитов, удерживающих плазму в ИТЭРе

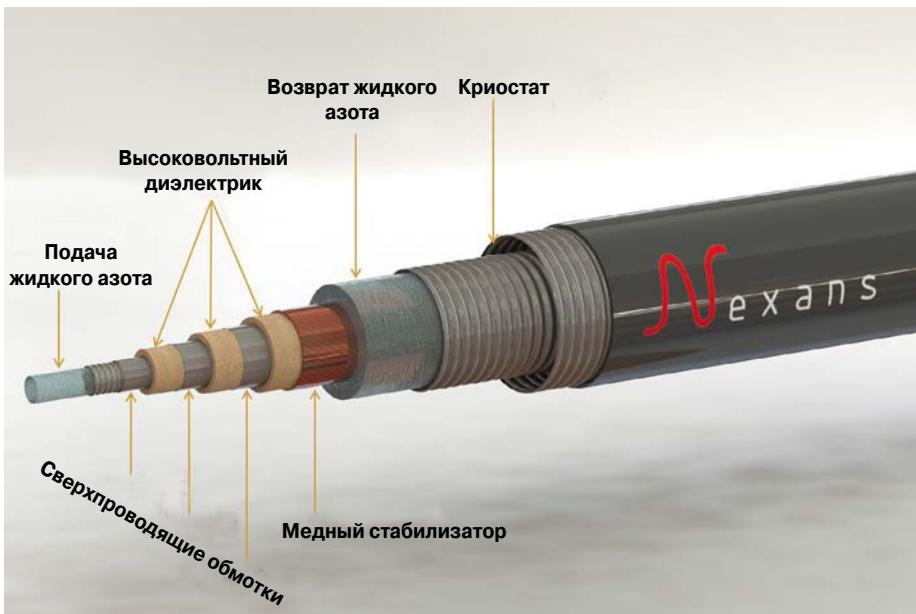
такие магниты нашли помимо научных исследований значительную рыночную нишу — без них не обходится ни один прибор магниторезонансной томографии для медицинских исследований. Современные криотехнологии столь эффективны, что жидкий гелий в такие магниты надо доливать не чаще, чем раз в год. В общем бизнес по производству магнитов исчисляется миллионами долларов, что оказывает и негативное влияние — затрудняет переход от низкотемпературных к высокотемпературным сверхпроводникам, ведь для этого надо менять отложенную технологию производства.

## Энергосистема

Снижение размеров высоковольтного кабеля дает возможность сэкономить на прокладке высоковольтных линий электропередач. Если же речь идет о городской энергосистеме, то кабель малого размера позволяет сэкономить еще и дефицитное городское пространство. Прибавив к этому еще и снижение потерь на движение тока — сопротивления-то

нет, — получаем, что дорогой сверхпроводящий кабель выгоднее дешевого медного.

Проекты по использованию сверхпроводящих кабелей для модернизации городских энергосистем уже более десяти лет идут во всех промышленно развитых странах. То одна, то другая вырывается вперед. Так, совсем недавно образец силового сверхпроводящего кабеля, созданного в лаборатории прикладной криогенной техники Энергетического института им. Г.М.Кржижановского, был самым мощным в Европе: его длина была 300 м, пропускная способность 1500 А, напряжение 20 кВ, а мощность 50—70 МВт. А вот в 2012 году немцы устанавливают между подстанциями в Эссене километровый кабель, рассчитанный на 40 МВт с напряжением 10 кВт, и планируют в будущем не только отказаться от высоковольтных линий по всему городу, но и от многих трансформаторов, преобразующих высокое напряжение 10 кВ в 110 В. В Москве похожий проект должен быть реализован в 2012 году на подстанции «Динамо» — там проложат 200 метров сверхпроводящего кабеля, рассчитанного на пропускание 200 кВт. Цель та же: отказаться от наземных высоковольтных линий электропередач. Некоторым инженерам в мечтах видится передача электроэнергии во все уголки страны по



Так устроен сверхпроводящий кабель, который смонтируют на электростанции в городе Эссене



Трехфазный кабель из высокотемпературного сверхпроводника проходит испытания в Энергетическом институте им. Г.М.Кржижановского



## ТЕХНОЛОГИИ

сети криогенных трубопроводов, выполняющих две задачи: доставку электричества и сжиженного газа, природного или водорода. В самом деле, раз уж все равно приходится тратиться на криогенную систему, так почему не перевести с ее помощью и газ в более транспортабельную форму? Столь масштабный проект потребует больших затрат материалов, и, видимо, керамика, содержащая иттрий, элемент потенциально дефицитный (см. «Химию и жизнь», 2012, № 3), окажется не самым лучшим материалом для него.

Помимо сверхпроводящих кабелей в энергосистемах будущего есть еще два важных устройства — сверхпроводящий трансформатор и ограничитель тока. Первый из них в дополнение к малому весу и размеру (опять-таки важные параметры для тесного города) отличается еще и пожаробезопасностью, ведь обычные трансформаторы часто охлаждают горючим веществом — маслом. Жидкий гелий или азот — совершенно инертные вещества, которые при аварии попросту улетают в атмосферу. Считается, что лидерами по использованию сверхпроводящих трансформаторов оказались швейцарцы, которые уже оснастили ими все подстанции, питающие Женеву электричеством.

Ограничитель тока — более интересный прибор. Он использует второе свойство сверхпроводника: способность переходить в нормальное состояние, когда ток достигает критического значения плотности. Если ток в сети вдруг вырос выше этого значения, такой предохранитель сработает: сверхпроводник моментально перейдет в нормальное

состояние, где его проводимость крайне низка. Ток пойдет по металлической подложке, причем из-за сопротивления его сила будет гораздо меньше. А через несколько секунд ток вернется в норму, охлаждающая система уберет выделившееся тепло, и сверхпроводимость восстановится. Иными словами, такой ограничитель тока без вмешательства человека защитит сеть от перегрузок. — тогда ее можно проектировать с меньшим запасом прочности и снизить число используемых трансформаторов. Главное же в том, что эти ограничители станут жизненно необходимыми элементами сети, в которую включены солнечные и ветровые генераторы электричества. Всем ясно, что вырабатываемая ими мощность сильно зависит от погоды и времени суток. Вот от ее-то капризов и будут защищать умные ограничители.

## Умные сети

Вообще же концепция умных сетей, в которые включено множество генераторов и аккумуляторов электричества, очень популярна в странах, озабоченных переходом на возобновляемые источники энергии. Она полностью меняет всю систему энергоснабжения, поскольку предполагает, что каждый может не только покупать электроэнергию у энергетической компании, но и продавать ее. В простейшем виде это выглядит как аккумулятор, который под управлением компьютерной программы — умного агента — заряжается, когда тариф низкий, и отдает энергию в сеть, когда тариф высокий. Тариф же

в сети меняется чуть ли не ежеминутно в зависимости от договоренностей этих агентов. Большое количество таких аккумуляторов позволяет накапливать энергию на длительный срок, что существенно облегчает включение в сеть солнечных и ветровых генераторов с их нестабильной подачей электричества. Где же взять такой аккумулятор? Это может быть и топливный водородный элемент, сначала разлагающий воду электролизом, а потом генерирующий электричество из водорода. А скорее всего — электромобиль, устройство, по определению оснащенное аккумулятором. Множество электромобилей, подключенных к сети на стоянке, обладают огромной электрической емкостью, способной поглотить все созданное ветряками и солнечными генераторами электричество. Так этот вид транспорта превращается в необходимый элемент перехода к энергетике на возобновляемых источниках энергии. В расширенном виде концепция умных сетей предполагает, что каждый может обзавестись не только аккумулятором, но и генератором — солнечным или ветряным, обеспечив себе полную независимость от энергетической компании и ее тарифов. А излишки электричества он будет поставлять в сеть. Не исключено, что за счет вырученных от их продажи средств можно окупить хотя бы частично немалые затраты на такого рода генераторы. С другой стороны, превращение солнечных электростанций в предмет массового спроса должно существенно снизить стоимость солнечных и ветровых устройств.



# Технологии сверхпроводника

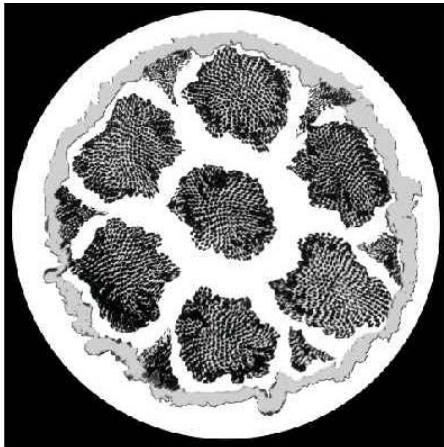
Сверхпроводящие кабели делают из тонких волокон или пленок микронной толщины. Это связано с особенностями тех сверхпроводящих материалов, которые удалось использовать в реальных устройствах. Сначала, в шестидесятых годах, это были низкотемпературные сверхпроводники — интерметаллиды ниобия: NbTi и Nb<sub>3</sub>Sn. Поскольку для них нужна гелиевая температура, возникает проблема тепловой устойчивости, ведь теплоемкость вещества вблизи абсолютного нуля тоже невелика, и даже при небольшом местном нагреве сверхпроводник может перейти в нормальное состояние, где его сопротивление велико, и начнет разогреваться. Чтобы этого не происходило, создавали композит из тонких волокон сверхпроводника в медной матрице: при случайном нарушении сверхпроводимости ток устремляется по меди, проводимость которой велика и си-

стема не разогревается. Титанат ниобия хоть и хрупок, но все же из него можно вытягивать проволоку, поэтому именно он стал на долгие годы основным материалом для изготовления сверхпроводящих кабелей. А Nb<sub>3</sub>Sn, который интересен своим высоким значением критического магнитного поля, разрушающего сверхпроводимость (23 тесла), очень хрупок. Кабель из него делать сложно. Вот пример технологии. Берут прутки из чистого ниобия и оловянной бронзы, помещают их в чехол из той же бронзы, затем сильно деформируют и долго отжигают. Олово переходит из бронзы в ниобий, образует с ним химическое соединение, и получается волокна Nb<sub>3</sub>Sn в медной матрице. Очевидно, что его стоимость выше, поэтому применяют это вещество там, где требуется выдерживать гораздо более сильные магнитные поля, чем это может делать NbTi (его предел — 11 тесла).

Высокотемпературные керамические сверхпроводники, а сейчас используют в основном два висмут-стронциевых и один иттрий-бариевый купраты, по своей технологичности еще хуже. Мало того, что они, как и положено керамикам, хрупкие. Их сложный состав создает огромные трудности в получении однофазного вещества. А смесь сверхпроводящей и несверхпроводящей фаз в одном кабеле, очевидно, снижает возможность для протекания тока. Кроме того, требование отклонений содержания кислорода от стехиометрии как необходимого для высокотемпературной сверхпроводимости делает эти соединения нестабильными на воздухе, особенно при повышенной влажности.

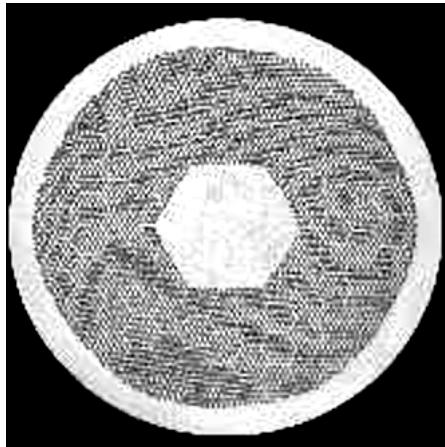
Вот пример того, как американские исследователи из Лос-Аламосской лаборатории в 1989 году получали объемные образцы однофазной керамики УБКО высокого качества, чтобы точно померить ее свойства.

Берем порошки Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub> и CuO в соответствующих стехиометрии пропорциях (если ошибиться — по границам зерен вырастут фазы другого состава), смешиваем и сушим. Затем пересыпаем



Во ВНИИНМ для ИТЕРа создали технологию изготовления провода из микронных волокон низкотемпературных сверхпроводников. Провод из Nb<sub>3</sub>Sn (слева) получают в результате нагрева ниобиевых волокон в присутствии внутреннего источника олова. Диаметр провода 0,6 мм. Справа — провод из волокон NbTi

в агатовую ступку и мелем порошок агатовыми шариками примерно двое суток, после чего прессуем. Полученную таблетку прикрываем платиновой крышкой и отправляем в печь, нагретую до 940°С. Каждые четыре часа резко охлаждаем печь до 890°С и сразу же снова нагреваем до 940°С. Примерно через неделю такой обработки весь углекислый газ от разложения карбоната бария из образца улетучивается. Длительный отжиг должен привести к росту зерна, а чтобы этого не случилось, как раз и понадобилось термоциклирование: тепловые напряжения создают деформации и микротрешины, которые способствуют образованию все новых и новых зерен. Получается пористый материал с мелкими зернами. Его опять надо размолоть в течение 8–12 часов и снова два дня отжигать. После очередного помола из порошка прессуем таблетку и насыщаем кислородом. Это



## ТЕХНОЛОГИИ



шей из-за малого расхода драгоценных металлов. Чтобы сделать такую ленту, нужно сначала подготовить подложку, обычно из никелевого сплава, отполировать ее, нанести подготовительный слой, а затем образовать тонкий слой сверхпроводящей керамики. Делать это можно двумя принципиально разными методами. Первый — испарение мишени из объемной керамики требуемого состава с последующим осаждением полученного пара на подготовленную подложку. Второй — химический: разложение летучего металлоорганического соединения и образование керамики нужного состава непосредственно на поверхности подложки. Сверху нужно защитить керамику слоями серебра и меди. Самое главное, что эти процессы можно организовать так, чтобы на выходе получалась непрерывная лента со сверхпроводящим покрытием. Из нее-то и будут делать всевозможные кабели.

В СССР развитию сверхпроводниковых технологий уделяли много внимания в рамках ядерного проекта. Уже в первой половине шестидесятых годов во ВНИИ неорганических материалов, ныне носящего имя своего основателя академика А.А.Бочвара, были разработаны технологии и создано производство для изготовления сверхпроводящих устройств из соединений ниобия. В частности, сейчас на Чепецком заводе по технологии ВНИИНМ изготавливают сверхпроводящие материалы для магнитной системы экспериментального термоядерного реактора ИТЕР, строящегося во французском Кадараше.

Что же касается высокотемпературных сверхпроводников, то их производство сейчас, в частности, разворачивается в Дубне при поддержке ОАО «РОСНАНО». Это делает компания «СуперОкс», которую организовали бывшие сотрудники химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, где велись исследования по химическому осаждению тонких пленок из сверхпроводящей керамики. Такие работы стали основой оригинальной, чисто химической технологии, которая позволяет изготавливать сверхпроводящую ленту из иттрий-бариевой керамики стоимостью примерно в десять раз меньше, чем зарубежные конкуренты. Предполагаемый объем производства — 1000 км ленты в год.



Волокна висмутовой керамики в серебряном чехле

что работать с таким веществом непросто, даже если не ставить целью достижение рекордных свойств.

Неудивительно, что объемные высокотемпературные сверхпроводники не нашли широкого применения. Зато появились две промышленные технологии изготовления из них проволоки и лент. Согласно первой, порошок сверхпроводящей керамики, как правило, висмутовой, засыпают в серебряную обкладку, а затем сильно деформируют. Образуется тонкая керамическая проволока или лента в серебряной оболочке, причем вес драгоценного металла составляет две трети от веса всего изделия. Очевидно, что оно не может быть дешевым никогда.

Иное дело ленты с напыленной керамикой. Изготавливать их тоже не столь уж просто, но цена при большом объеме производства получается гораздо мень-



Такие ленты компания «Bruker Corporation» делает из высокотемпературных сверхпроводников. Сверху — висмутовая керамика полученная сжатием порошка в обкладке, снизу — иттрий-бариевая керамика, напыленная с помощью лазера





# Марсианская станция на Земле

Америка славится большим количеством гражданских организаций, сообществ, фондов и ассоциаций. Есть среди них и те, что своей целью ставят освоение космоса: и массовые, такие как Планетарное общество (<http://www.planetary.org/>) и Марсианское общество (<http://www.marsociety.org/>), и сравнительно малочисленные, например, «Tau Ноль» (<http://www.tauzerofoundation.org/>). Но сегодня мы поговорим о Марсианском обществе.

Основано оно было в августе 1998 года. На учредительный съезд собрались около 700 участников: ученые, инженеры, астронавты, преподаватели, студенты и просто энтузиасты. Сейчас, 14 лет спустя, членами Марсианского общества стали около 4000 человек из 50 стран мира. Было представительство и в России, но оно перестало существовать из-за отсутствия интереса.

Президентом общества стал один из его основателей — аэрокосмический инженер, автор книг и статей по освоению Марса Роберт Зубрин. Еще в 1996 году была опубликована его с Ричардом Вагнером книга «The Case for Mars». Авторы предлагали план колонизации Марса, перечисляли необходимые для этого технологии и описывали будущее человечества на Красной планете.

Флаг Марсианского общества — красно-зелено-синий триколор. Он изображает возможную будущую историю Марса: красная полоса символизирует сегодняшний Марс, а зеленая и синяя — этапы освоения планеты человечеством, если у него будут желание и возможности дляterraформирования Красной планеты. Флаг придумал инженер NASA Паскаль Ли в 1999 году, во время летней экспедиции общества (об экспедициях речь пойдет дальше). Идея его основана на известной фантастической трилогии Кима Стенли Робинсона «Красный Марс», «Зеленый Марс», «Синий Марс».

У Марсианского общества несколько направлений деятельности. По традиции в августе проходит ежегодный международный съезд в США. Например, в этом

году она состоится 3—5 августа в Пасадене (Калифорния). На съездах выступают участники общества и приглашенные гости, обсуждаются перспективные действия, а также активные программы NASA по исследованию Марса. Так же регулярно съезды проходят в Европе.

Члены общества пишут книги о Марсе, издают ежемесячный журнал, полная электронная версия которого распространяется среди зарегистрированных участников. Кроме того, они собирают информацию об исследованиях Марса, которую размещают на своем сайте и на дружественных ресурсах. Общество поддерживает проведение ряда экспериментов, ежегодно устраивает конкурс марсоходов, сконструированных студентами. Нередко Марсианское общество направляет правительству и сенату США петиции по различным космическим вопросам.

Одно из самых важных в практическом отношении направлений деятельности общества — работа двух исследовательских станций. На канадском арктическом острове Девон располагается «Flashline Mars Arctic Research Station» (FMARS), а в пустыне штата Юта (США) — «Mars Desert Research Station» (MDRS).

Первой в 2000 году была построена станция в Канаде. Остров Девон выбрали, скорее всего, не случайно: именно там специалисты NASA проводят испытания марсианской и лунной техники. С 2001 года на этой станции стали работать экипажи «космических экспедиций» — люди жили и трудились в условиях,

*Карла Хэрол, участница 89-й экспедиции.  
На заднем плане жилой модуль*

приближенных к марсианским. С 2002 года свою деятельность начала исследовательская станция MDRS в штате Юта. Из-за арктической погоды на станции FMARS работать можно только в летний сезон, а станция MDRS в Юте, напротив, эксплуатируется зимой-весной. (Сейчас экспедиции приезжают только на вторую из них.) Планировались также третья и четвертая станции, в Исландии и Австралии, но из-за финансовых трудностей они пока не построены.

Кто может стать членом экипажа? В первую очередь это волонтеры Марсианского общества, из которых набирают сборные интернациональные команды. Бывают также команды национальных представительств общества — например, в сезоне 2011—2012 года есть команды из Бразилии и Новой Зеландии. Также участвуют команды различных учреждений США: NASA, вооруженных сил, университетов и т. д.

Во время экспедиций проводятся различные эксперименты, отрабатываются медицинская, научная, горная техника. Обычно команду формируют из шести человек: командир, геолог, биолог, врач, бортинженер, астроном. Но, как правило, каждый член экипажа совмещает две специальности. Кто-то может быть еще и журналистом — его дополнительной обязанностью станет освещение двухнедельной экспедиции на различных электронных площадках, ведение фото- и видеорепортажей.

*Члены румынского экипажа ROMARS на MDRS*





Diogo Urbina на MDRS...

Быт на станции неприхотливый. Обиталище марсонаров — цилиндрический двухэтажный жилой модуль диаметром 10 метров «The HAB», есть также вспомогательный модуль и отдельный модуль-обсерватория (на MDRS). Для отдыха предназначены крошечные личные каюты, в каждой — стол и жесткая кровать со спальником. Для физических упражнений имеются тренажеры. Есть холодильники с едой, система водоснабжения, электрогенераторы, оранжерея. Задачи создать замкнутую систему жизнеобеспечения на MDRS не ставят, но порой отрабатывают некоторые ее элементы. В любом случае на станции есть все, чтобы обеспечить изолированную жизнь экипажа из шести человек в течение двух недель.

Бывали нештатные ситуации и даже ранения — именно для этих случаев на станции есть средства медицинской помощи. В каждый экипаж обязательно входят люди с необходимым опытом предотвращения чрезвычайных ситуаций, а также врач. При крайней необходимости, например, в случае угрозы жизни, всегда может вмешаться служба поддержки и эвакуировать пострадавшего.

Важная составляющая жизни марсонаров — внекорабельная деятельность. На станции есть скафандры, геологическое снаряжение и квадроциклы. Конечно, скафандры выполняют скорее декоративную функцию, но для целей экспедиции этого достаточно. Местность в гористой пустыне штата Юта очень напоминает безжизненные марсианские пейзажи. Иногда, рассматривая фотографии марсонаров в скафандрах с гео-



...и в команде «Марс-500»

логическими молотками в руках, вдруг удивляешься, почему у них голубое небо, а не оранжевое...

Две недели экипажи находятся на связи с ЦУПом, пишут сетевые дневники и отчеты, выполняют эксперименты по своей научной программе, совершают вылазки на квадроциклах за геологическими образцами, испытывают различное оборудование, проходят медицинские и психологические тесты. На MDRS установлено несколько веб-камер, так что желающие могут заглянуть в жизнь очередного экипажа (<http://www.freemars.org/mdrscam/>).

За несколько лет эксплуатации станций на них побывали сотни специалистов, ученых, студентов. Кто-то возвращался не один раз, и в итоге студент-практикант становился командиром очередной экспедиции. Интересный пример: в 88-й экспедиции на MDRS (январь 2010 года) участвовал итальянский биолог и инженер Диего Урбина. А в июне того же года он стал одним из шестерых испытателей марсонаров эксперимента «Марс-500» в Институте медико-биологических проблем (Москва), испытав на себе тяготы длительной изоляции. Вот такой у него получился богатый опыт условных путешествий на Марс. В эксперименте «Марс-500» Диего участвовал в «посадке на Марс» и работал в скафандре на его «поверхности».

В целом экипажи на «марсианские станции» подбираются очень интересные — чтобы убедиться в этом, достаточно почитать биографии на сайте общества. Среди марсонаров много женщин. Чисто мужские команды бывают редко: обычно по половому составу экипажи

формируются 50 на 50, причем нередко командирами становятся женщины.

На мой взгляд, экспедиции — весьма удачный проект Марсианского общества. Кроме непосредственной пользы от экспериментов, это отличный психологический тренинг, обеспечивающий личностный рост и сплочение энтузиастов. Да, вряд ли кто-то из них совершил реальный полет на Марс, но они участвуют в зарождении культуры будущего, в становлении космического человечества, смело идущего к новым фронтам дальнего космоса. И я очень надеюсь, что энтузиазм космических первопроходцев появится и у наших соотечественников. Быть может, наступит момент, когда на MDRS поедет российская команда, потом начнет работать станция в Исландии, а возможно, и в России — благо подходящих мест у нас немало. Мы должны понять, что очень многое зависит от нашего энтузиазма и что строительство гражданского общества — это в том числе и становление таких организаций, как Марсианское общество, и глобальные планы на будущее.

Человечество не может развиваться без исследования и освоения космического пространства. Как бы сложно ни было, но это наш путь.

**А.В.Хохлов,**  
ЦНИИ робототехники  
и технической кибернетики  
(Санкт-Петербург)

Фото: [http://www.wkiri.com/mdrs\\_crew89/](http://www.wkiri.com/mdrs_crew89/),  
<http://mdrs.marssociety.org/>, <http://www.bentopress.com/mars/>

## Как стать членом «Mars Society» и принять участие в экспедиции.

Вступить в общество можно здесь ([http://www.marssociety.org/home/join\\_us](http://www.marssociety.org/home/join_us)). Членство платное: 50 долларов в год, студентам и людям старшего возраста — 25 долларов. Члены общества имеют полный доступ к материалам сайта, получают ежеквартальный электронный журнал общества и приглашения на ежегодные съезды.

Заявки от желающих поучаствовать в экспедиции принимаются на сайте в августе-сентябре (<http://desert.marssociety.org/home/participate/volunteer>). Заявка может быть как индивидуальной, так и командной. Необходимо представить три рекомендательных письма, биографию, тему вашего исследования на MDRS (на-

пример, связанного с вашей основной работой или научной деятельностью), вашу предполагаемую специальность на станции — инженер, биолог, геолог, журналист и т.д. Само собой разумеется, что вы и должны быть специалистом именно в выбранной области (это подтвердят ваша биография и рекомендательные письма). Узкая специализация не важна, но, например, биолог экипажа действительно должен быть биологом или студентом биологического вуза. Для того, чтобы стать командиром экипажа, желательно уже участвовать в экспедиции ранее либо иметь аналогичный опыт. Возрастных ограничений и специальных требований к здоровью нет. Обязательно знание английского языка. Важно указать удобное для вас время участия. Если вас утвердят в экипаж, нужно быть готовым оплатить взнос на участие (1000 долларов специалистам, 500 долларов студентам), два дня (или чуть больше) проживания в гостинице, перелет до США и обратно, а также визовые расходы.



## РАДОСТИ ЖИЗНИ



СОБЫТИЕ

# План превращения Сахары в море

Г.А.Томсон

Небывалая сенсация в Париже была вызвана недавно смелым предложением профессора Эшегуайена, знаменитого ученого, заявившего, что Франция не должна терять времени и превратить громадную пустыню Сахару во внутреннее море. Ввиду того что около четверти всей пустынной площади лежит ниже уровня моря, устройство канала приблизительно в 50 миль длины через более высокую часть североафриканского побережья немедленно, по мнению профессора Эшегуайена, создало бы Сахарское море, по величине равное половине Средиземного моря. Этот канал, утверждает знаменитый ученый, не представит больших технических трудностей, так как побережье состоит из песка и мягких образований.

Последствия подобного предприятия, продолжает профессор, были бы грандиозными. Все бесплодные страны, окружающие теперь пустыню, и те части Сахары, которые находятся выше уровня океана, были бы превращены в цветущие, как Европа, так как нынешнее бесплодное состояние обязано совсем не плохой почве, а исключительно недостатку воды. В довольстве и комфорте стали бы тогда существовать целые миллионы человеческих существ, которые в настоящее время влакт жалкое полуголодное существование. Кроме того, могла бы быть прибавлена к владениям Франции новая громадная колония, политическое и экономическое значение которой едва ли можно преувеличить. Флотилия пароходов пересекала бы Сахарское море, глубина которого варьировала бы от 10 до 60 фатомов (от 16 до 100 метров), и цветущая торговая деятельность была бы вызвана между Алжиром и Французской Западной Африкой. Наиболее интересным результатом явилось бы изменение климата всей Северной Африки от крайностей экваториальной жары к приятной температуре Наталя, что увеличивало бы ее значение как места колонизации для европейцев.

Схема профессора Эшегуайена вызвала массу комментариев и возражений. Известные знатоки метеорологии закричали в ужасе, что умерить температуру Африки, значит, перемнить климат Европы; что если тропическая Африка должна сделаться умеренной, то Европа станет арктической; рисовались полные тревоги картины Англии, Бельгии и Дании, погребенных под постоянным снегом в несколько футов толщины, а их жителей или спешно эмигрирующими в более теплые страны или же ведущими образ жизни эскимосов. Еще более поразительный аргумент за оставление Великой пустыни в покое состоит в том, что перемещение стольких миллиардов тонн воды повлияет на равновесие Земли, и инженер, который предпринял бы работы по созданию нового моря на карте мира, навсегда потом был бы проклинаем человечеством за изменение оси земного шара.

## Журналу «Природа» — 100 лет

В 1812 году вышел первый номер журнала «Природа». Инициаторами и первыми редакторами нового издания были В.А.Вагнер, зоолог и психолог, и химик Л.В.Писаржевский. (В 1913—1914 году их сменили А.Е.Ферсман, Л.А.Тарасевич и Н.К.Кольцов.) Журнал был необычным — популярным и в то же время профессиональным. Статьи для него писали ученые, адресуясь к ученым или к тем, кто серьезно увлекается наукой. С «Природой» сотрудничали по разделу физики — Г.В.Вульф, Т.П.Кравец, П.П.Лазарев, Л.И.Мандельштам, Н.А.Умов, О.Д.Хвольсон, по химии — П.И.Вальден и В.Г.Хлопин, по астрономии — Н.А.Морозов, К.Д.Покровский, Г.А.Тихов, по биологии — В.М.Бехтерев, И.И.Мечников, И.П.Павлов, А.С.Серебровский, Ю.А.Филипченко, по наукам о Земле — Л.С.Берг, В.И.Вернадский, В.А.Обручев, В.П.Семенов-Тян-Шанский.

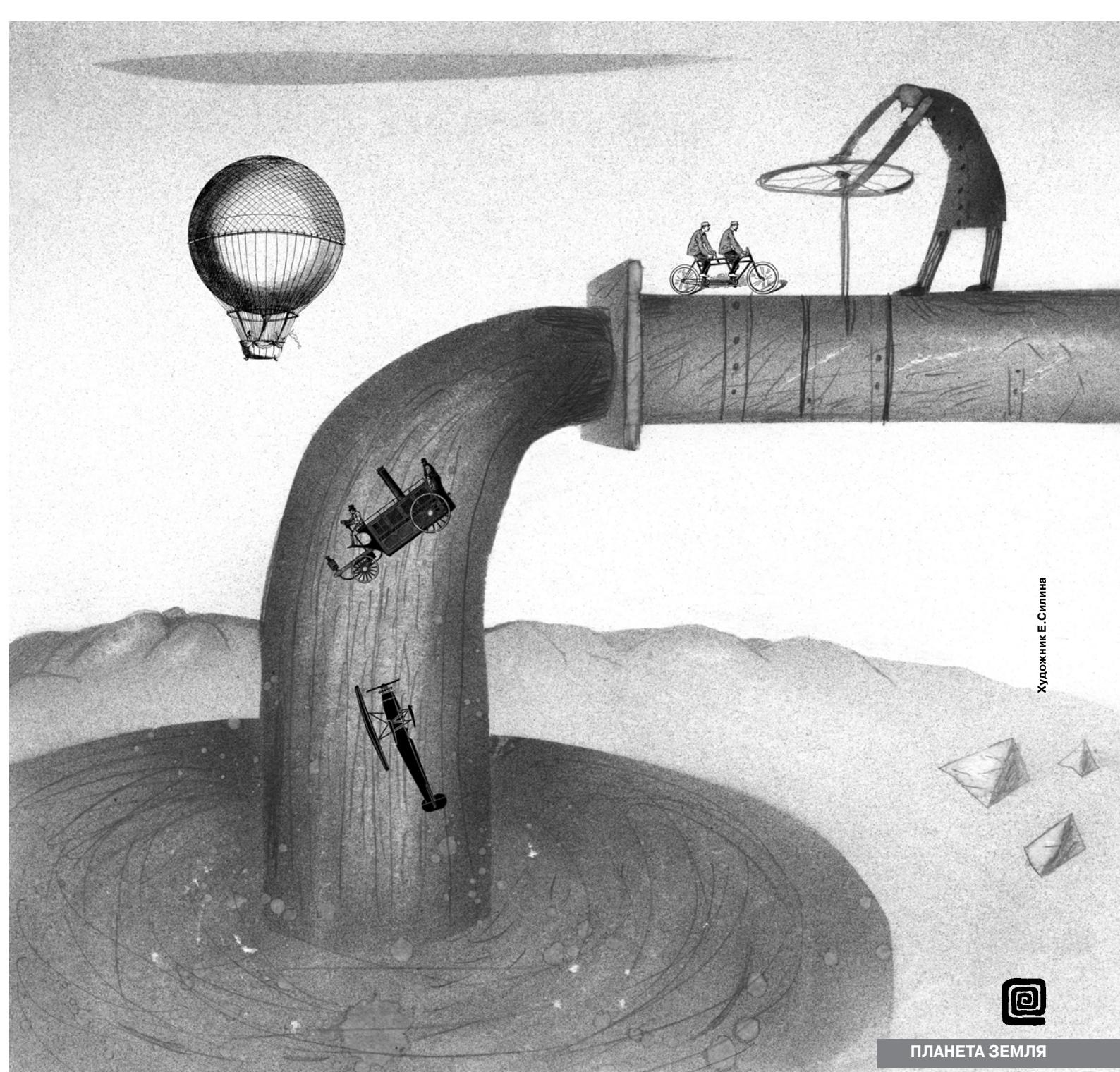
В истории журнала бывало разное, плохое и хорошее, но неизменным осталось главное. Каждый, кто ищет понятную и в то же время компетентно изложенную информацию о какой-либо научной проблеме, с высокой вероятностью завершает поиск статьей из «Природы». В журнале по-прежнему публикуются выдающиеся ученые, а редакторы заботливо следят, чтобы, рассуждая о высоких научных материалах, авторы не забывали о своей роли популяризаторов. Ни один узкоспециальный термин не останется необъясненным, ни одно звено в логической цепочке не будет пропущено «ввиду очевидности» (что очевидно специалисту, не обязательно понятно простым смертным!).

Можно ли назвать журнал «Природа» развлекательным чтением? С одной стороны, вроде бы нет: и темы серьезные, и статьи по нынешним меркам длинные, и слова в них трудные. С другой стороны, как заметил Умберто Эко, у каждого свое понятие о развлечении, и читатели «Имени розы» или Джеймса Джойса развлекаются не хуже, чем читатели бульварных романов. Мы уверены, что у «Природы» в нашей стране всегда будет своя аудитория.

Отдельное удовольствие — читать старые статьи журнала. Одну из них, опубликованную в 1912 году, с любезного разрешения редакции мы предлагаем нашим читателям. Современный комментарий к ней составлен сотрудником журнала «Природа», кандидатом химических наук Л.П.Беляновой.

У «Природы» есть своя страница в Интернете, на сайте РАН (<http://www.ras.ru/publishing/nature.aspx>). Журналы в pdf-формате можно скачать бесплатно, и это настояще сокровище для любителей науки.

С юбилеем, коллеги!



## ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

С другой стороны, другие ученые считают все эти опасения иллюзорными; все предсказываемые возможности преувеличеными. Они приветствуют эту великолепную идею, получившую начало в стране, которая задумала Суэцкий и Панамский каналы. Время уже не за горами, восклицают они с энтузиазмом, когда иссушенная почва станет прудом и пустыня зацветет розами, как предсказано было еврейским пророком века тому назад.

Считаясь с широким интересом и влиянием, которое могло бы быть вызвано осуществлением такого предприятия, а также с борьбой мнений относительно дальнейших следствий этого, я считаю весьма кстати дать популярные сведения о пустыне Сахаре. Нет страны в мире более интересной, чем Великая пустыня Африки; ни одной, о которой так мало знали бы; ни одной, о которой так много рассказывали бы плени-

тельных мифов и верили бы в них. С самых ранних времен истории это было место величайшей тайны, место страшных и таинственных явлений, ужасных и превосходящих всякое вероятие происшествий. В действительности же Сахара не столько страшна, сколько грандиозна и удивительна, как удивителен океан или другое какое-либо проявление природы в гигантском масштабе, и, как океан, она может быть усмирена и служить человечеству, если приступить к этому надлежащим образом.

Несмотря на тот факт, что пустыню с незапамятных времен переходили туземные племена, перевозившие фрукты, шелка, ценные деревья и слоновую кость из центральных мест к береговым поселениям, что она пересекается и до сих пор еще в известных пунктах важными караванными путями, до настоящего времени она еще почти не исследована циви-

лизованным миром. Сэр Ламберт Плейфер, доктор Эрван фон Бари, де Ленц и некоторые другие исследовали, правда, некоторые части ее в течение последних 30 лет, однако остаются еще большие пространства этой территории, на которые никогда не падал взгляд белого человека.

Топографически почти вся северная часть Африки — пустыня, в которой Египет и плодородные горные пункты вдоль Средиземного моря могут быть рассматриваемы как большие оазисы. Географически там три пустыни — Нубийская, окаймляющая Красное море, продолжающаяся через море в Азии в Аравийской пустыне; Ливийская, между Феццаном и Египтом; и Сахара, или Великая пустыня, которая включает большое число небольших безводных трактов, расстирающихся как длинные руки далеко в плодородные страны к северу и югу от главного тела. Последнее представляет обширную сплошную пустыню почти две тысячи миль в длину от востока к западу и почти тысячу миль (в среднем) в ширину от севера к югу. Это составляет площадь приблизительно в 3 595 500 квадратных миль, площадь, равную всей Европе без Скандинавского полуострова. Политически Сахара принадлежит разным государствам, которые окружают ее или имеют протекторат над землями, лежащими близ нее. Отсюда Марокко, Турецкая империя, Италия и через Алжир и Тунис Франция владеют каждая прилежащей к ней частью; но главная часть принадлежит Франции: вдоль Французского Конго и колонии на Сенегале.

Пустыня Сахара имеет много весьма любопытных черт. Наиболее замечательная, может быть, это ее чрезвычайная резкость пограничного очертания. Ставши на северном склоне Атласских гор, мы видим под нами расстилающееся подобие моря, образующее резкую береговую линию вдоль его северного края, скрытые заливы и выдающиеся полуострова которого заняты рядом городов и деревень. К югу, как в Марокко и Алжире, пустыня кончается в некоторых местах так резко, что кажется будто отрезанной ножом, в других же местах она постепенно вливается в хорошо орошаемые и плодородные части Судана. Это подобие моря известных частей Сахары дало начало многим распространенным ложным представлениям относительно ее общего вида и имело даже влияние на идеи и фразеологию некоторых ученых писателей.

Она совсем не низкая песчаная равнина, как это часто предполагается. Она, скорее, страна очень разнообразной поверхности и неправильного рельефа. Неровные холмы бесплодной скалистой формации, известные под именем «хаммада», плато из плотной глины, мощные поля разбросанных камней и округленных водою голышей, мелкие бассейны, наполненные очень соленой водою, и бесплодные степи, покрытые тощим кустарником, перемежаются со знаменитыми песчаными дюнами, которые дают своеобразный характер этой замечательной стране. Те ужасные пространства летучего песка, такого тонкого, что он действительно проникает в кожу путешественника и делает дыхание крайне болезненным, лежат главным образом к востоку, или, как говорят, в Восточном Эрге. В Ливийской пустыне такие места чрезвычайно обширны и беспредельны. В Западном Эрге от атлантического берега до юга мыса Бланке расстилается на 1 300 миль к северо-востоку широкий, от 50 и до 300 миль ширины, пояс дюн, называемых игиди или гиди (берберское слово «дюны»).

Эта страна с высот Алжира и Марокко выглядит, как взволнованное бурей море. Дюны во всех частях Сахары лежат вообще длинными волнообразными рядами, очень похожими на волны океана, с покатым склоном к ветряной стороне и крутым скатом к противоположной. Обычно они от 60 до 70 футов высоты, но достигают, как говорят, в некоторых местах 300 футов. Песок, из которого они образованы, чрезвычайно тонок; в действительности это обломки скал, превращенные в пыль в течение веков силой ветра, тропической жарой дня и

острым холодом ночи. При этих условиях достаточно малейшего ветерка, чтобы поднять целые облака пыли, хотя изумительные рассказы о страшных песчаных бурях, которые засыпают целые караваны, — просто сказки. Под влиянием ветра все дюны подвержены до известной степени постоянному изменению, но их равновесие таково, что в топографическом распределении они сравнительно постоянны. Некоторые из них имеют даже собственные названия, как Герн-аль-Шиф и Герн-Абз-аль-Кадер к югу от Голеа в Алжире.

Цвет песка дюн резко золотистый и при солнечном свете блестит и сверкает с поразительной яркостью. Каждое отдельное зерно красновато-желтое от присутствия железа и вообще кристаллического строения, как образовавшееся от бывшей части кварцевой скалы. Гнейс, гранит, известняк, графит и базальт — все представлено в каменистой формации Сахары, но относительное распределение их еще полностью неизвестно. В центральной части пустыни к югу от Алжира находятся красные песчаниковые образования, пыль от которых, несомая к морю ветрами, производит своеобразные красивые эффекты неба, видимые иногда в известных частях Атлантики и особенно в Алжире, куда съезжаются художники со всех частей света изучать и копировать чудесное сочетание темно-малинового, пурпурного и янтарного цветов. Такой песок, происшедший в результате измельчения и рассыпания скал в силу попеременного сильного дневного нагревания и быстрого охлаждения ночью, является активным агентом выветривания. Во многих местах он сделал гладкими, как лед, плоские скалы хаммада. В других местах он исчертит вертикальные поверхности скал курьезными имитациями ледниковых борозд и помог вырезать столбы и столообразные возвышения, которые являются наиболее известными продуктами эрозии Сахары.

Что касается возвышенностей Сахары, то в этом отношении были сделаны некоторые общие измерения в последние несколько лет. Верхняя Сахара состоит из скалистого плато, нигде не ниже 1300 футов высоты, а местами переходящего в значительные вершины; нижняя, к которой плато спускается постепенно, представляет обширную низменность из глины и песка от 200 до 300 футов над поверхностью моря. Научное исследование пустыни показало, что в почве Сахары находятся все элементы плодородной почвы, там же существует много подземных потоков и резервуаров. Если эту драгоценную влагу вывести к поверхности с помощью сотен артезианских колодцев, правильно распределить по земле и дополнить это искусственными резервуарами для сбираения воды от случайных дождей, то солидные источники плодородия существовали бы в самой Сахаре. Подобная операция уже была осуществлена на бесплодных пространствах в Северо-Американских Соединенных Штатах.

Было предложено много проектов орошения Сахары. Старый проект, впервые предложенный французским инженером полковником Рудэром и поддержаный, как вполне осуществимый, де-Лессепсом и другими компетентными авторитетами, никогда не отбрасывался в сторону. Затопление водами Средиземного моря наиболее низких частей Алжирской Сахары сделало бы плодородными бесплодные песчаные тракты, а ни в коем случае не превратило бы всю пустыню в обширное внутреннее море, как многие воображают, и ни в какой, даже самой малой, степени не повлияло бы на климат Европы, так как только 3 100 квадратных миль территории в форме двух различных озер в центральном и южном Алжире представляли бы все водное пространство.

Профессор Эшегуайен, однако, желает, построить более глубокий и более длинный канал, чтобы затопить многое большее пустынной поверхности. Но нужно помнить, что, так как большая часть Сахары от 70 футов и до мили выше уровня моря, а те места, которые ниже уровня моря, главным образом — долины между холмами и горами или бассейны

древних озер, не занимающие больших площадей, то Сахарское море состояло бы только из чрезвычайно неправильной формы водной поверхности, содержащей массу островов и вдающейся в незатопленные округа множеством заливов и бухт. Оно было бы значительно меньше 1/3 Средиземного моря.

Теперь возникают вопросы о важном влиянии, которое подобное море произвело бы на Землю. Оставляя в стороне политические и экономические влияния, остается обсудить возможное его физическое влияние. Наконец в прогрессе человеческого знания человечество испугалось силы своей собственной изобретательности!

Пишуший эти строки чувствует, что поскольку дело касается Сахарского моря, вся тревога напрасна. Нам угрожали, что смещением столь многих биллионов тонн воды равновесие Земли было бы поколеблено.

Высчитаем это. Предположим, Сахарское море имело бы всю площадь в 250 000 кв. миль (сюда включены и сомнительные части пустыни, которые едва ли бы могли быть затоплены) и среднюю глубину в 200 футов. Так как одна квадратная миля содержит 27 878 400 кв. футов, вся указанная площадь содержала бы 6 969 600 000 000 кв. футов и объем 1 393 920 000 000 000 куб. футов. Деля эту сумму на 40 (число куб. футов, занимаемых одной тонной воды), получим: 34 848 000 000 000 тонн воды требуется, чтобы затопить Сахару, как предполагается. Если бы канал был прорезан через северный берег Африки, эти 35 тысяч биллионов\* тонн воды притекли бы из Средиземного моря и в то же самое время атлантические воды притекли бы

\* Биллион во французской метрической системе был равен  $10^9$ .  
— Здесь и далее примеч. ред.



## ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

в Средиземное море, пока не установилась бы одинаковая поверхность. Если бы канал был прорезан в западном берегу Африки, воды Атлантического океана втекли бы прямо без всякой видимой пертурбации Средиземного моря. В том и другом случае процесс был бы постепенным; затопление пустыни не было бы внезапным стремительным наводнением.

Конечно, 34 848 000 000 000 тонн — большое количество воды. Та маленькая дуга Атлантического океана, которая образует береговую линию Штатов Новой Англии, Нового Брунсвика и части Новаскотии\*\*, представляет площадь, равную произведению 500 на 500, или 250 000 кв. миль, также самая площадь, которую мы дали Сахарскому морю. В этой местности происходит ежедневно прилив и отлив, варьируя от 10 футов приблизительно вдоль мыса Код и до 60 футов в некоторых частях залива Фанди.

\*\* Речь идет об атлантической береговой линии США (штаты Новой Англии) и Канады (провинции Новый Брунswick и Новая Шотландия).

## Комментарий к статье Г. А. Томсона

### Л.П.Белянова

Когда читаешь статью Г.А.Томсона, невольно приходит на ум, что смелое предложение знаменитого французского ученого превратить часть Сахары в морской водоем очень похоже на идею, высказанную Ж.Верном во «Вторжении моря»\*. Там говорится о планах создания огромного внутреннего Сахарского моря, которое будет наполнено водами залива Габес, что в Тунисе. Может, Верн в очередной раз предугадал носившуюся в воздухе идею (ему приписывают некоторые предсказания, но сам он считал их простыми совпадениями)?

Как бы то ни было, а предлагаемое Верном и Эшегуайеном переустройство Великой пустыни хотя и представляется грандиозным, отнюдь не первое изобретение по переделке Природы. Этим

человечество занималось с древнейших времен. В пустынных местностях, например, проводились каналы, чтобы соединить полноводную реку с пересыхающей и доставить воду для орошения полей. Первые оросительные каналы появились почти семь тысяч лет назад в Двуречье — одном из древнейших очагов цивилизации. Примерно тогда же началось возведение ирригационных систем и в Древнем Египте.

Строительство судоходных водных путей тоже началось в древности. Вероятно, первым был канал, соединивший Красное море с одним из притоков Нила и открывший для кораблей путь в Средиземное море. Первая «искусственная река» была создана в Китае в III тысячелетии до н.э. — по ней воды Янцзы потекли в Хуанхэ.

В интересах торговли рылись каналы и в России, чтобы соединить озера и реки и тем проложить транспортный путь для судов. Так, еще Петр Великий задумал связать р. Ковжу, принадлежащую Волжскому бассейну, с р. Вытегрой, которая впадает в Онежское озеро. Правда, это строительство не состоялось из-за усложнившейся международной обстановки, но проекты составлялись несколько раз. Только в 1799 г. начал

осуществляться замысел Петра, а через 11 лет, в 1810 г., открылось судоходство по водной системе, названной Мариинской\* и соединившей Балтику с Волгой. Эта искусственная водная магистраль (она построена на век раньше Панамского канала) для того времени была выдающейся по техническому решению. В XX в. она вошла в состав Волго-Балтийского водного пути.

Еще один пример (и тоже российский) того, что старые идеи не умирают, — советский план переброски части стока сибирских рек на юг. Первым, в 1856 г., высказал эту мысль... киевский гимназист-семиклассник Яков Демченко в сочинении «О климате России». В 1871 г. вышла его книга «О наводнении Арало-Каспийской низменности для улучшения климата прилежащих стран», в которой он предлагал перебрасывать воды Иртыша и Оби в бассейн Аральского моря по специально прорытым каналам. Но планы Демченко так и не осуществились. Однако вот что удивительно: его идея жила в умах, и уже в 20-е годы XX в. обсуждалось несколько схем ее осуществления. К мысли «о по-

\* Книга «L' Invasion de la mer» (в русском переводе она называется и «Вторжение моря», и «Наступление моря», и «Нашествие моря») была издана в 1905 г. как очередной том «Необыкновенных путешествий», выходивших ежегодно и после смерти писателя в течение нескольких лет.

\* Название дано в честь императрицы Марии Федоровны, заведовавшей сохранный казной воспитательных домов и выделившей деньги на строительство Вытегорского канала.

Допуская среднее 20 футов высоты прилива, получим все число тонн воды, бросаемых на эти берега два раза в день, ровно в 1/10 того, что потребовалось бы для Сахарского моря. Никто никогда не боялся, что эти смещения воды при приливе и отливе нарушат равновесие Земли. 35 тысяч миллионов тонн воды в отношении к массе земли бесконечно малая величина, в отношении к объему океана это капля в ведре. И предполагается, что это количество воды распределится в стране близ экватора. Немного размысления или опыт с шаром покажут, что так как Земля не в точности сферическая, а несколько утолщена у экватора и сплющена на полюсах, то, чтобы отклонить ее настоящую ось, наклоненную на 23 1/2 градуса, необходимо было бы добавить вес к одному из полюсов. Вес же, прибавленный к экватору, не произвел бы никакого эффекта на равновесие оси.

Предупреждают также о перемене климата в Европе. Это более интересное возражение, так как более доступно и вероятно. В настоящее время выпадает очень мало дождя в стране пустынь на севере Африки. Ученые согласны, что эта сухость обязана не окружающим горам, а различным физическим причинам самой страны. Может быть, присутствие обилия воды произвело бы дождь. Конечно, это означало бы, что температура там была бы менее высока, а по ночам не так было бы холодно; но сравнение с другими странами, окружеными морями в экваториальной зоне, показывает,

что это одно не уменьшает температуру тропического климата до температуры умеренного пояса. Это устраниет одну из предположенных опасностей. Теплый климат островов Великобритании обязан теплому течению, омывающему их берега; весьма невероятно, чтобы удаление из Атлантического океана нужной для Сахарского моря воды вызвало бы какое-нибудь уклонение теплого течения. Этим устраниется другая опасность.

Третья и последняя опасность, которая находит всеобщую поддержку, состоит в том, что такое море значительно охладило бы ветры, которые дуют из Африки через Средиземное море к южной Европе. Много можно было бы написать об этом интересном вопросе, рассказать, как происходят ветры в этой стране, направление их, влияние и пр. Но здесь достаточно сказать, что в то время, как колонисты, имеющие населить берега Сахарского моря, наслаждались бы прохладно освежающим зефиром, дующим с вод вокруг их жилищ, не произошло бы какого-либо значительного изменения в африканских бризах, которые дуют через Средиземное море.

Провести канал, затопить пустыню, образовать море — в интересах мира и особенно Франции, и последняя должна это сделать, не откладывая дела в долгий ящик.

Перевод с английского А.Р.

вороте» сибирских рек возвращались неоднократно в течение почти всего XX в., но в 1986 г. идею похоронили окончательно. Так казалось. Недавно ее пытались реанимировать Ю.М.Лужков. Кто знает, не воплотится ли в самом деле план насытить среднеазиатские пустыни сибирской водой? Пока он остается нереализованным, как и проект знаменитого французского ученого.

Эшегайен хотел обводнить Сахару во благо африканских народов: «Все бесплодные страны, окружающие теперь пустыню и те части Сахары, которые находятся выше уровня океана, были бы превращены в цветущие, как Европа, так как нынешнее бесплодное состояние обязано совсем не плохой почве, а исключительно недостатку воды. В довольстве и комфорте стали бы тогда существовать целые миллионы человеческих существ, которые в настоящее время влакое, полуголодное существование».

Но немецкий архитектор Х.Зергель (1885–1952), желавший перегородить плотиной (длиной 35 км и высотой до 300 м) Гибралтарский пролив, заботился о благе европейских народов. Разъединив Средиземное море с Атлантическим океаном, водами которого море питается, удастся понизить его уровень примерно на 200 м, а площадь сократится настолько, что между Европой и Африкой появится суши и возникнет новая часть света — Атландропа. По мысли Зергеля, этот новый континент постепенно превратится в единый экономический и хозяйственный регион. На территории Атландропы появятся

два искусственных моря — Сахарское и Конголезское. Первое образуется посреди Сахары из опресненной морской воды, текущей по построенным на севере Африки каналам, и тогда пустыня превратится в цветущую страну. Второе море станет результатом затопления бассейна р. Конго. По расчетам Зергеля, после образования Конголезского моря в Центральной Африке улучшится климат, и она станет райским уголком для жизни и отдыха европейцев. Судьба африканских народов, живших на затопляемых территориях, Зергеля не интересовала. Все свои планы он строил, исходя из сотрудничества всех европейских стран — объединившись, они перестанут конфликтовать и воевать друг с другом. Так мечтал Зергель за несколько лет до Второй мировой войны. О катастрофических последствиях, к которым может привести переустройство континентов и морей, немецкий архитектор не задумывался. План «Атландропы» не был осуществлен, переустроить континенты Зергелю не удалось, его идея умерла вместе с ним.

Преобразование засушливых пространств, к счастью, щадящее Природу, не оставляет в покое умы людей и в XXI-м столетии. В пустыне эмирата Абу-Даби создаются искусственные озера вблизи природных заповедников и природоохранных зон. По проекту предусматривается рытье глубоких скважин для откачки подземных вод, строительство небольших опреснительных заводов, постоянная циркуляция и фильтрация воды. К 1 октября 2009 г. уже были заполнены водой два озера,

к ним собираются на водопой стада ориков, серн и газелей. Искусственные водоемы станут, как полагают проектировщики, еще и туристическими достопримечательностями и резервуарами пресной воды.

Есть еще план превращения части Сахары в искусственный лес. Авторы нового наступления на Великую пустыню предлагаю создать вблизи ее северного побережья гигантские теплицы, в которых будет использоваться морская вода. Сочетание солнечных электростанций термального типа и оригинальных опреснителей позволило бы буквально из ничего получать еду, топливо, электроэнергию и питьевую воду. Дело за малым — осуществить идею, для чего потребуется не менее 80 млн евро.

Делаются также попытки превратить в оазис пустыню Каракумы.

В 30 км от Ашхабада в 2006 г. строители закончили сооружение огромного искусственного водоема. Вода в него поступает по отводу из речки Арчабил, а водная гладь занимает 5 га. Предполагается, что в Каракумах скоро должны появиться еще несколько искусственных водоемов.

Так что нынче вряд ли удивишь кого-нибудь грандиозностью плана по переустройству величайшей пустыни мира, который обсуждался почти 100 лет назад. Переделка Природы («исправление ее ошибок»), начатая человеком почти 7 тыс. лет назад, продолжается, но по-иному — новое время порождает новые технологии.



# По берегу озера Чад...

Озеро Чад совсем недавно, в середине 60-х годов, было, по сути, внутренним морем Сахары с площадью водной поверхности 20 тыс. км<sup>2</sup>. Теперь же в результате двух периодов засухи 70-х и 80-х годов его площадь уменьшилась в десять раз, и озеро разделилось на две части. Есть мнение, что это — яркая иллюстрация потепления климата. Однако исследователи палеоклимата отмечают, что такое в истории озера случалось не раз. В частности, маловодное состояние с разделением озера на две части наблюдалось в начале XX века. Оказывается, местное население знает про такие долговременные колебания и неплохо к ним приспособи-



Современное состояние озера Чад

лось («Regional Environmental Change», 2011, doi: 10.1007/s10113-011-0267-0). Совсем недавно, когда озеро было полноводным, обитатели его берегов занимались рыболовством. Но вот озеро обмелело, открылись обширные отмели, покрытые плодородным илом, и мест-



## С МИРУ ПО НИТКЕ

ное население занялось земледелием. Теперь берега острова Чад — житница Северной Африки; на его берегах выращивают как зерновые, прежде всего кукурузу, так и овощи, вплоть до капризного в условиях Сахары перца.

## Обводнение Сахары

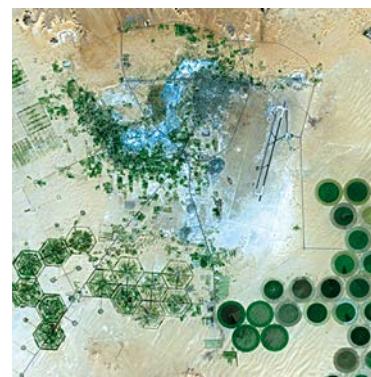
Самый грандиозный проект по обводнению Сахары начал в 1984 году лидер Ливийской Джамахирии Муаммар Каддафи. На вырученные от продажи нефти деньги он начал строительство водоводов из южной малонаселенной пустыни к северным густонаселенным территориям. Тянется же эта история с 50-х годов, когда геологи в поисках нефти на юге страны нашли огромные подземные запасы воды. Один такой резервуар расположен на юго-востоке, в Нубийской пустыне в районе оазиса Куфра, а другой — на юго-западе в районе Себхи. Подземные реки должны были доставлять воду в крупные прибрежные города: на востоке — в Бенгази, на западе — в Триполи, местом же их соединения стал Сирт, где по мысли Каддафи предполагалось расположить столицу объединенной Африки. 28 августа 1984 года началось строительство, а уже в 1989 году вода дошла до водохранилища в прибрежном городе Адждабия на востоке страны. В 1995 году вода добралась и до западной части, до Триполи. В 2008 году Великая



Карта Великой подземной реки на 20-динаровой купюре Ливийской Социалистической Джамахирии

рукотворная река оказалась в книге рекордов Гиннеса как самое большое ирригационное сооружение. Общее число колодцев для добычи воды должно было составить 1200 штук глубиной более полукилометра каждый, а пропускная способность — 75 кубометров в секунду — это в два раза больше, чем сток Москвы-реки в районе Звенигорода. Полная стоимость проекта должна была составить 25 млрд. долларов.

Появление воды в пустыне сразу же позволило и увеличить производство продуктов питания, что актуально для Ливии, где площадь пригодных для возделывания земель составляет 1–2%. Искусственная река должна была эту площадь чуть ли не удвоить. Для раз-



Зеленые орошающие поля в оазисе Куфра имеют диаметр около километра и заметны из космоса

вития фермерства Каддафи стал переселяться на север, на орошаемые земли, чернокожих жителей юга и, кроме того, предложил египтянам не ютиться вдоль долины Нила, а тоже принять участие в освоении ливийских земель. После падения режима Каддафи многие чернокожие переселенцы были изгнаны из своих поселений, а водоводная система, нуждающаяся в постоянном техническом обслуживании, начала приходить в упадок.



Предлагаем вашему вниманию уникальную книгу В.Б.Фенелонова и М.С.Мельгунова «Адсорбционно-капиллярные явления и пористая структура катализаторов и адсорбентов: Сборник задач и вопросов с ответами и решениями».

Сборник содержит 100 задач и вопросов с ответами и решениями по поверхностно-капиллярным явлениям, адсорбции, пористой структуре и формированию пористой структуры катализаторов и адсорбентов.

Получить книгу можно наложенным платежом по почте (390–470 руб. в зависимости от региона доставки), для чего надо направить заявку на электронный адрес catacon@ngs.ru. В письме указать точный почтовый адрес, фамилию, имя и отчество получателя.

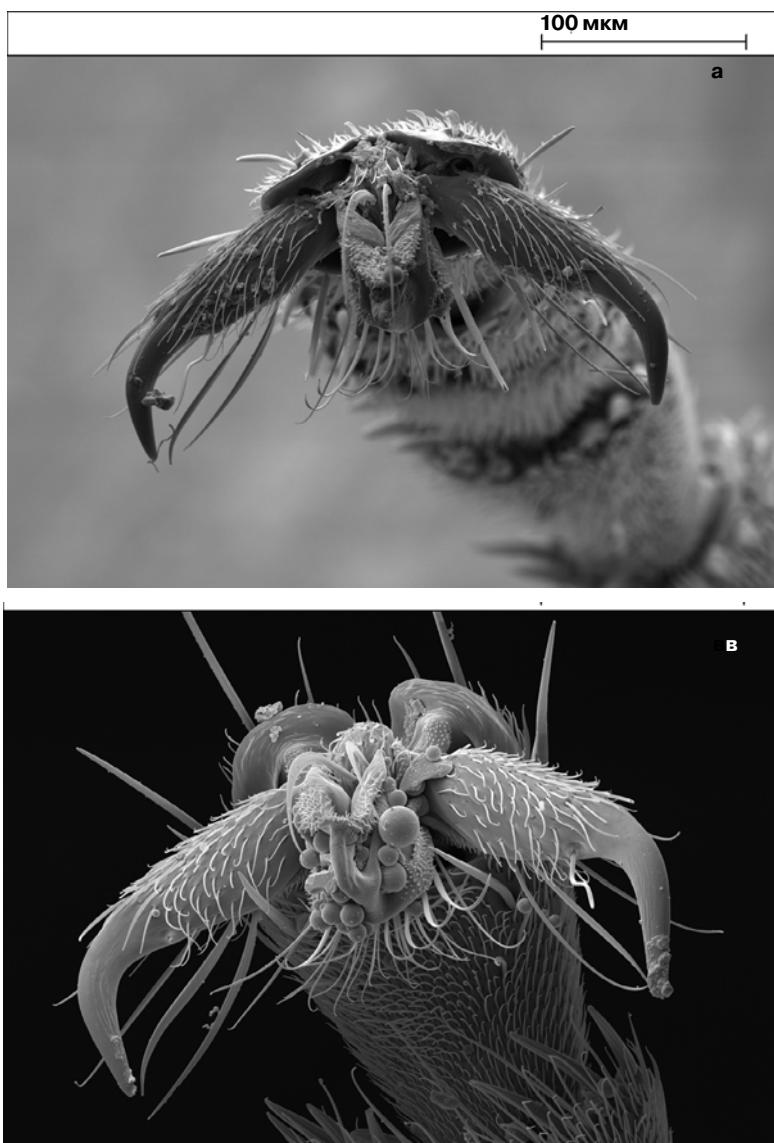
### ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
І. Задачи и вопросы	
1. Капиллярные явления	8
2. Адсорбция	19
3. Пористая структура	40
4. Элементы теории приготовления катализаторов, носителей и адсорбентов	54
ІІ. Ответы и решения	
1. Капиллярные явления	87
2. Адсорбция	99
3. Пористая структура	111
4. Элементы теории приготовления катализаторов, носителей и адсорбентов	126
Библиографический список	184

В. Б. Фенелонов, М. С. Мельгунов

АДСОРБИОННО-КАПИЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ  
И ПОРИСТАЯ СТРУКТУРА  
КАТАЛИЗАТОРОВ И АДСОРБЕНТОВ





# Ноги чище с каждым шагом

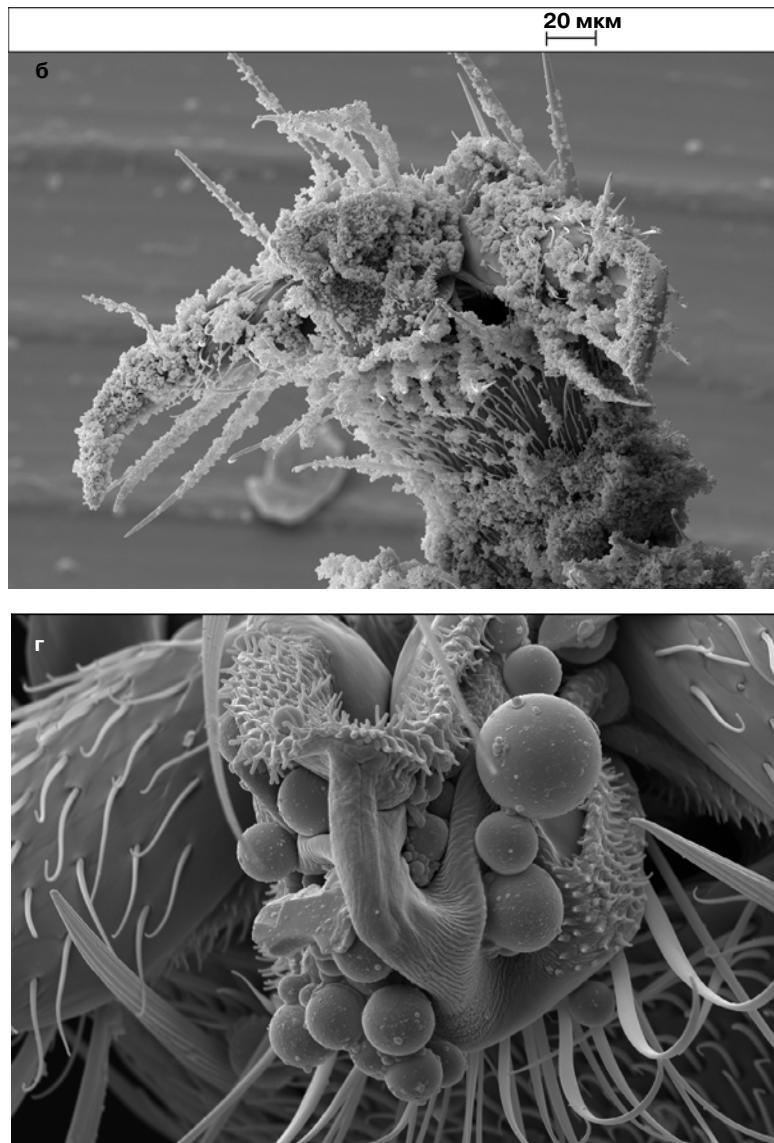
Кандидат биологических наук

**Н.Л.Резник**

Среди полезных изобретений профессора А.А.Выбегалло из повести братьев Стругацких «Понедельник начинается в субботу» была самонадевающаяся обувь, но до ботинок, которые в процессе носки становятся чище, почтенный Амвросий Амбруазович не додумался. А вот у насекомых лапки от природы самоочищающиеся.

## Ходьба как гигиеническое мероприятие

На стеблях и стволах, на стенах и оконных стеклах, и даже на потолке — повсюду сидят и деловито перемещаются насекомые. Их способность прилепляться к любым поверхностям обеспечена специальными органами адгезии, по-простому — липучками, расположенными на лапках. Эти органы могут быть двух типов. У жуков, уховерток, мух и комаров они представляют собой скопление щетинок — выростов кутикулы. У кузнецов, саранчи, ос, пчел и муравьев на лапках мягкие



Степень загрязнения муравьиной лапки зависит от размера и материала частиц. На конце чистой ноги муравья-ткача прекрасно видна липкая подушечка между двумя коготками (а). Стеклянные частицы диаметром 1 мкм густо облепляют лапку, и их крайне сложно счистить (б). Загрязняющий потенциал стеклянных микросфер размером 10-20 мкм не столь велик (в, г).

подушечки аролии. Они кажутся гладкими, но, если вооружить глаз электронным микроскопом, на них отчетливо видны многочисленные складки. Когда насекомое делает шаг, его липучка благодаря структурированной поверхности деформируется, позволяя лапке плотно прижиматься к любой, даже шероховатой поверхности, поскольку заполняет все неровности субстрата. Такая деформация обеспечивает максимальный контакт между липучкой и поверхностью, что очень важно, поскольку от площади контакта зависит прочность прикрепления. При нажатии орган адгезии выделяет немного жидкости. Ее точный состав до сих пор неизвестен, но она достаточно вязкая, чтобы насекомое при ходьбе удержалось на стене или потолке и при этом не приклеилось намертво.

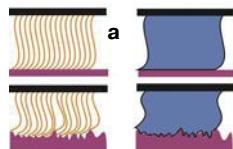
Все естественные поверхности в той или иной степени шероховаты. Восковое покрытие растений ломается и трескается, ткани под ним разрушаются, не сильно, но достаточно, чтобы не быть идеально гладкими. Это обстоятельство облегчает насекомым перемещение, поскольку площадь соприкосновения с неровной поверхностью больше, чем с гладкой. Но при разрушении субстрат покрывается микро-

мусором, который прилипает к лапкам. Загрязнение должно нарастать с каждым шагом, уменьшая площадь контакта с поверхностью и функциональность липучек и обрекая на падение их обладателей. Однако, судя по тому, что насекомые успешно всюду ползают, они нашли эффективный способ избавляться от постоянно налипающего мусора. Поскольку лапки пачкаются буквально с каждым шагом, лучшим методом их освобождения от грязи была бы самоочистка. И оказалось, что она возможна.

О том, что органы адгезии способны к самоочищению, ученые узнали, исследуя лапки геккона. Его пальчики покрыты миллионами кератиновых волосков, разветвленных на концах, и эти густые щеточки надежно удерживают ящерицу на вертикальной поверхности или спиной вниз. Волоски крошечные, у токайского геккона длина одной щетинки составляет 110 мкм, а диаметр — всего 4,2 мкм. Геккон носится по стенам и потолку со скоростью до 1 м/с, а для этого нужно сильно прилеплять лапки к поверхности и при этом иметь возможность быстро их отклеить. Обычно эти свойства не совмещаются. Клейкая лента, например, хорошо держит, но плохо отдирается, а стикеры отстают легко, зато приклеиваются слабо. Однако геккон пользуется не kleem, а силой трения между щетинками и субстратом. Чтобы система работала, все щетинки должны быть направлены в одну сторону. Меняя их направление, рептилия легко прикрепляет и отнимает лапки от поверхности.

Перед гекконом, как и перед насекомыми, остро стоит проблема загрязнения лап. В 2008 году специалисты Портлендского колледжа Льюиса и Кларка Келлар Оутом и Ник Гревиши (США) установили, что ноги ящерки самоочищаются при ходьбе. Подавляющее большинство поверхностей, по которым она перемещается, имеют большее сцепление с загрязняющими частицами, чем щетинки, поэтому, когда геккон наступает на субстрат, приставшая к лапам пыль переходит на поверхность.

Но существует ли самоочистка у насекомых? Они относятся к другой таксономической группе, к тому же лапки у них липкие. В 2010 году сотрудники Кембриджского университета и Лондонского университетского колледжа ответили на этот вопрос утвердительно. Ученые работали с щавелевыми листоедами (это жуки, и липучки у них щетинистые)



6 Органы адгезии на лапках насекомых представляют собой либо щеточку (а), либо мягкую подушечку (б). Их структура позволяет плотно прижимать лапку и к ровной поверхности, и к шероховатой

От тефлоновых частиц размером 21 мкм муравью избавиться труднее, чем от стеклянных аналогичного размера (а). А тефлоновые частицы диаметром около 123 мкм к его лапкам не прилипают, потому что их средний размер больше, чем расстояние между коготками (б)



Фото Тони Синклера, биологический факультет Университета Халла.



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

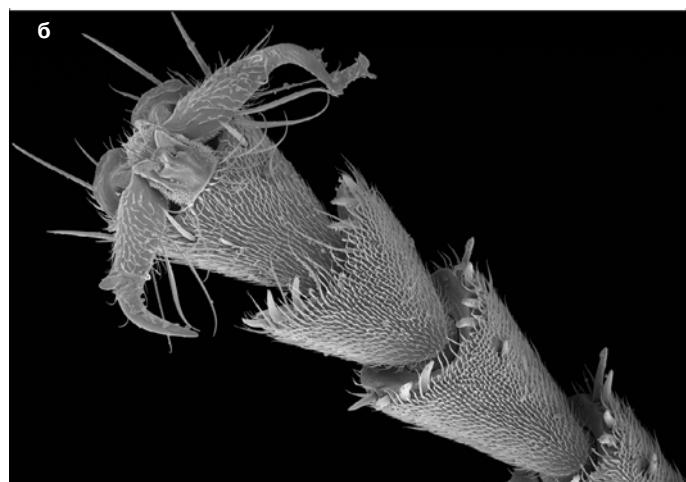
и палочниками — обладателями аролий. Лапки насекомых загрязняли стеклянными микросферами разного диаметра и обнаружили, что жуки и палочники после этого теряют способность ползать по вертикальным стенкам, но спустя некоторое время ее восстанавливают. Исследователи заметили, что волосистые органы адгезии очищаются лучше, чем аролии, и предположили, что самоочищение лапок происходит при ходьбе, поскольку ничем другим в эксперименте насекомые не занимались.

### Как насекомые лезли на стенку

Следующий шаг в исследовании самоочистки лапок сделали специалисты университета британского города Халла и Австралийского национального университета (Канберра) под руководством Стюарта Хамфриса. Они провели эксперимент, более, по их мнению, приближенный к естественным условиям, и опубликовали результаты в «Journal of Experimental Biology» (2012, т. 215, с.279—286, doi:10.1242/jeb.063339).

Исследователи работали с жуками и муравьями, имеющими на лапках соответственно щетинки и подушечки. Поскольку ученых интересовало, влияют ли на способность к самоочищению физические размеры насекомых, из каждого отряда выбирали два вида, — покрупнее и помельче. Жуки представляли семиточечная и двухточечная божья коровка *Harmonia axyridis* и *Adalia bipunctata*, а муравьев — азиатский муравей-ткач *Polyrhachis dives* и красный испанский муравей *Myrmica scabrinodis*. Насекомые жили в стеклянных инсектириях, муравьев кормили смесью измельченных мучных червей и меда, а божьих коровок — искусственной кормовой смесью.

Исследователи предположили, что эффективность самоочистки может зависеть от свободной поверхностной энергии загрязняющих частиц и субстрата. Материалы с высокой поверхностной энергией хорошо смачиваются, на их поверхности сильнее трение. Когда насекомое идет по такому материалу, то силы сцепления между его молекулами и молекулами клейкой жидкости на лапках превосходят силы сцепления, действующие между молекулами жидкости. Поэтому насекомое на субстрате оставляет следы «клей», вместе



с которым отрываются и налипшие на лапку частицы мусора. Когда поверхностная энергия материала низка, то силы взаимодействия между его молекулами и молекулами липкой жидкости малы и не могут оторвать «клей» от лапки. Если самоочищение ног насекомых действительно происходит при ходьбе, то материал с высокой поверхностной энергией (стекло) должен очищать лучше, чем поверхность с низкой энергией, например, тефлон.

По свойствам поверхности тефлон близок к восковому покрытию растений, которое тоже не смачивается водой. Поэтому именно в тефлоновую чашку исследователи насыпали стеклянные микросфера диаметром около 19 или 111 мкм или тефлоновые частицы размерами 21 или 123 мкм и выпускали насекомых две минутки погулять по этим частицам. Естественность условий эксперимента в том и заключалась, что насекомые сами пачкали свои ноги при ходьбе. Мелким насекомым, мирмикам и адалиям, большие частицы не предлагали, поскольку их диаметр превышал расстояние между коготками на кончике лапки, где располагается орган адгезии.

Чтобы определить эффективность самоочищения загрязненных липучек, исследователи использовали стеклянные цилиндры высотой 75 и диаметром 25 мм. В эти цилиндры по одному помещали насекомых с испачканными ногами и наблюдали, сколько времени им понадобится, чтобы восстановить способность прилепляться к вертикальной поверхности всеми шестью лапками и свободно ходить по стенке. Наблюдение, то есть видеосъемка одного насекомого, продолжалось 30 минут. Радиус кривизны стенок цилиндров много больше, чем размер клейкой подушечки, поэтому такую поверхность можно считать плоской. Перед опытами половину цилиндров обработали силиконом (дихлородиметилсиланом), после чего их поверхность приобрела низкую смачиваемость, сопоставимую с таковой растительных тканей. Исследователи ежедневно проверяли, что смачиваемость не изменилась, помещая на стенку капельку воды и измеряя контактный угол.

В экспериментах приняли участие по 120 мелких насекомых каждого вида и по 200 крупных. Оказалось, что самоочищение липучек действительно происходит. Оба типа подушечек в той или иной степени теряют способность прилипать, когда загрязняются микросферами, но, ползая по стеклянным и силиконовым стенкам, насекомые избавлялись в конце концов и от тефлоновых частиц, и от стеклянных. Однако на скорость очистки влияли многие факторы, в том числе размер частиц. Маленькие частицы прилипают к лапкам сильнее, чем крупные, и их труднее счистить. Например, муравей-ткач на стекле сбрасывает с лапок большие стеклянные шарики за полторы секунды, а маленькие — за 28. Влияют на скорость очистки и свойства субстрата и частиц. Все насекомые быстрее освобождаются от стеклянных шариков на стеклянной поверхности, труднее всего избавиться от тефлоновых частиц на силиконе. Многие насекомые не успевают за отведенное полчаса взобраться на стенку цилиндра. Но это ожидаемый результат, стекло о стекло трется сильнее, чем тефлон о силикон.

У представителей мелких видов, мирмиков и адалии, самоочищение занимает больше времени, чем у крупных муравьев-ткачей и гармонии. Так, муравей-ткач избавляется от маленьких стеклянных шариков на стекле за 28 секунд, а красный мирмик — за 560. По наблюдениям исследователей, это связано с тем, что крупные насекомые чаще шагают и при этом сильнее трются лапками о поверхность.

Не полагаясь исключительно на самоочистку, многие насекомые активно пытаются освободить лапки от налипших микросфер, орудуя челюстями. Особо усердных чистильщиков после эксперимента собирали и рассматривали их ротовой аппарат под электронным микроскопом. Микрофотографии показали, что у насекомых, ходивших по стеклянным шарикам



Двухточечная божья коровка *Adalia bipunctata*

кам, челюсти были чистые, а тефлоновые частицы облепляли рот. Крайне загрязняющий материал оказался. Мелкие насекомые за время наблюдения тратили на активную чистку около пяти минут, крупные — только три. Возможно, мелким насекомым частицы досаждают сильнее из-за размеров липучек, и они усердно отскребают лапки, а может быть, дело в том, что самоочищение у мелюзги происходит медленнее, чем у крупных видов, и им приходится прикладывать дополнительные усилия для восстановления липучки.

И наконец, способность липучек к самоочищению зависит от их структуры. Подушечки сильно страдают от тефлоновых частиц. Когда насекомое поднимает ногу, липучая подушечка сморщивается и прилипшие микросфера оказывается внутри складочек. Тефлоновые частицы имеют неправильную форму, и вытрясти их из щелей сложнее, чем стеклянные. Микросфера можно сокрести, когда нога прижата к поверхности и подушечка полностью расправлена. Действительно, исследователи наблюдали, что муравьи, очищаясь от тефлоновых шариков, приволакивают лапки.

С щетинистых липучек тефлоновые частицы соскаивают гораздо легче, видимо, благодаря скользящим движениям щетинок, зато для них имеет значение материал субстрата. Чтобы очистить лапки на силиконе, божьим коровкам требуется примерно вдвое больше времени, чем на стекле, вне зависимости от типа и размера приставших микросфер.

Исследовательская группа Стюарта Хамфриса доказала, что органы адгезии на лапках насекомых действительно способны к самоочистке от налипающей грязи. Особенности процесса зависят от строения липучек, и ученые собираются изучить влияние этих различий на жизнь насекомых.

## Умный в мусор не пойдет

Итак, лапки насекомых при ходьбе очищаются от налипшего мусора, и это очень удобно, однако бывает такая грязь, которой пренебречь нельзя, — она испачкает надолго, а насекомое в это время не сможет маневрировать на вертикальных поверхностях, кормиться или спасаться от хищников. Поэтому насекомые должны уметь определять свойства окружающего мусора, чтобы при необходимости его обойти. Доктор Хамфрис с коллегами, среди которых на сей раз были физики и специалисты по коллоидной химии, проверил, как справляются с этой задачей муравьи («Journal of Experimental Biology» 2012, т. 215, с. 605—616, doi:10.1242/jeb.063578).

Исследователи продолжили работу с уже знакомыми нам муравьем-ткачом и красным испанским муравьем. Вдоль стенок чашки Петри насыпали кольцо из тефлоновых или стеклянных частиц. Ширина кольца составляла примерно 1 см, радиус чашки около 6,4 см для ткачей и 3,3 см для маленьких мирмиков. Рабочих особей извлекали из колонии мягким пинцетом,



Красный испанский муравей *Myrmica scabrinodis*

поодиноке помещали в центр кольца и наблюдали за ними пять минут или до тех пор, пока насекомое не преодолеет барьер и не покинет чашку Петри, взобравшись по ее стенке. Контрольные эксперименты выполняли в чистых чашках Петри без барьера.

Оказавшись в кольце, муравьи выжидали некоторое время, затем быстро обследовали барьер antennами и затем либо его переходили, либо шли обследовать другой сектор. Если частицы были крупные, около 100 мкм и больше, то насекомые без труда пересекали барьер и удаляли из чашки Петри. Но чем мельче были частицы, тем меньшее количество муравьев рисковали на них ступить. Самые маленькие частицы в каждом классе материалов, стеклянные микросферы диаметром 1 мкм и тефлоновые шарики размером 21 мкм, удерживали внутри барьера более 90% муравьев. Те же, кто все-таки прорвался наружу, с трудом удерживались на стенке чашки, некоторые даже падали на дно. Ученые изловили нескольких муравьев-ткачей, преодолевших барьер, но еще не добравшихся до стенки, и исследовали их лапки под электронным микроскопом. Аролии беглецов были облеплены мелкими шариками, и чем они мельче, тем гуще покрывали подушечки, независимо от материала. Однако на горизонтальной поверхности загрязненные липучки муравьям явно не мешают.

Исследователи отметили, что стеклянные шарики диаметром 19 мкм создают почти непреодолимый барьер для красных муравьев, в то время как муравьи-ткачи спокойно его переходят. При этом кольцо тефлоновых частиц размером 21 мкм представляет для них серьезное препятствие, хотя муравьиные лапки в обоих случаях загрязнены одинаково. (Через тефлон почти никто не пробился, стеклянные шарики задержали только 10% ткачей.) По мнению исследователей, муравей, принимая решение о прорыве кольца, учитывает не уровень возможного загрязнения, а усилия, необходимые для последующей очистки лапок. У крупного ткача, в отличие от мирмика, хватает сил как следует обтереть ноги о стекло, поэтому он может себе позволить прогуляться по микросферам диаметром 19 мкм. А вот тефлоновые частицы взаимодействуют со стеклом гораздо хуже, счистить их нелегко, о том, какие проблемы возникают при взаимодействии тефлоновых частиц с липкими подушечками, мы уже говорили. Поэтому неудивительно, что муравьи предпочитают не бегать через тефлоновую пыль.

Еще один интересный опыт ученые проделали с мирмиками. Барьер из стеклянных микросфер размером 19 мкм удерживает 82,5% красных муравьев. Но когда исследователи поместили их внутрь кольца из шариков того же размера, но слипшихся, его преодолели более 90% насекомых, поскольку слипшиеся шарики не могут запорошить им лапки. Исследователи убедились, что муравьев не отпугивают сами



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

по себе стекло или тефлон, ровная или шершавая поверхность. Нет, они реагируют именно на свободные шарики, и чем выше вероятность запачкать ноги о барьер, тем сильнее насекомые его избегают.

Очевидно, что муравьи собирают информацию о размерах частиц и свойствах их поверхности с помощью antenn. И следующий шаг экспериментаторов, увы, предсказуем. Они удалили у муравьев antennы, и насекомые пошли напролом через все кольца.

Самые мелкие из предложенных муравьям микросфер — стеклянные размером 1 мкм. Эта пыль покрывает лапки плотным слоем, и избавиться от нее практически невозможно. Тем не менее некоторые дерзкие насекомые, быстренько обследовав кольцо из таких частиц, мчались сквозь него и, конечно, падали потом со стенки. Оказалось, что мельчайшие шарики загрязняют не только липучки, но и antennы, отчего они теряют чувствительность, и муравьи уже не ощущают барьера. Поведение насекомых с испачканными antennами было аналогично поведению муравьев, лишенных antenn, — они двигались, невзирая на препятствия.

Разобравшись с мелкими частицами, исследователи задумались, почему микросфера крупнее 100 мкм практически не загрязняют аролии. Одно из возможных объяснений заключается в том, что, когда насекомые пересекают барьер, состоящий из нескольких слоев частиц, сцепление между ними оказывается сильнее, чем между частицей и липкой подушечкой. Сцепление между шариками возрастает с увеличением их диаметра, однако расчеты показали, что из-за сцепления к аролиям не будут прилипать шарики только диаметром 4 мм и больше.

Гораздо убедительнее другое предположение, согласно которому прилипнуть к подушечке могут лишь микросфера, способные поместиться между двумя коготками, которые ограничивают аролию, остальные насекомое легко стряхивает. Следовательно, коготки защищают липучки от относительно крупных частиц.

Итак, исследователи еще раз убедились в том, что липкие подушечки, загрязненные мелкими частицами, теряют способность обеспечивать адгезию и насекомое не может убежать по стенке. Обычный стакан станет для него ловушкой. Этот эффект зависит от размера частиц и материала, из которого они сделаны, но не от внешних условий, таких, как влажность. С помощью antenn насекомые обычно в состоянии оценить, от какого мусора они легко очищаются, а какой представляет опасность, однако некоторые особо мелкие частицы приводят в негодность не только липкие подушечки, но и antennы. И если использовать эти данные с умом, можно разработать эффективные синтетические нетоксичные средства защиты от вредителей как для сельского хозяйства, так и для домашнего использования.



«Г

оворю ему: папа пойдет с тобой гулять, он покорно бредет к папе». — «Когти мерзавцу подстричь невозможно: только я подумаю про щипчики, он бросается под диван и рычит». — «Иду на кухню, а она уже там, сидит перед холодильником, стучит хвостом и умоляюще смотрит». Спросите собаковладельца, понятливый ли у него пес, и следующие четверть часа будете слушать такие истории. Вам расскажут и про понимание человеческой речи, и про угадывание намерений хозяина, и едва ли не про чтение мыслей — «а как еще это можно объяснить?»!

В самом деле, представители семейства псовых известны выдающейся способностью к поиску и анализу информации. Вспомним, что писали о волках Сетон-Томпсон, Конрад Лоренц, Фарли Моэт, или удивительные рассказы Ясона Бадридзе, опубликованные в прошлом номере журнала. «Собираясь на охоту, волки соблюдают определенный ритуал. Они носятся, повизгивают, касаются друг друга. А потом матерый отходит метров на десять, возвращается и смотрит каждому волку в глаза — и каждый знает, что ему делать. Потом он и мне тоже смотрел в глаза — и я мгновенно, не думая, вскакивал и тоже знал, что мне нужно делать!» — может ли это прокомментировать современная этология и физиология высшей нервной деятельности?

Произвести экспериментальную проверку эффекта телепатии в волчьей стае едва ли возможно ввиду отсутствия репрезентативной выборки: Ясон Бадридзе, человек, говорящий с волками, у нас один. И в любом случае начинать надо с более простых вещей.

Множество фактов говорит о том, что собаки, наблюдая за человеком (или другими собаками, или представителями других видов), способны угадывать их дальнейшие действия. Или, скажем, прогнозировать, увидит ли человек, что собака совершает что-то запрещенное, и как надо обстряпать дело, чтобы не увидел. Эту способность называют *theory of mind* (теория намерения, модель психического состояния — устоявшегося русского перевода пока нет) — представление о том, что знает и чего не знает другое существо, а также о его возможных желаниях и намерениях, и умение использовать это, чтобы предсказывать поведение другого. В высшей степени полезное качество и один из признаков высокого интеллекта.

Существование *theory of mind* у собак кажется очевидным. Например, даже небольшого ума пес отлично знает, что, когда хозяин уставился на экран компьютера или в книгу, пса он не замечает, можно потихоньку стащить покрывало с кровати, съесть колбасу с хозяйственного бутерброда и ничего за это не будет, пока человек не перестанет читать. Значит, есть в его собачьей голове модель поведения хозяина, обладающая предсказательной силой? Необязательно.

# Дай песику печенья

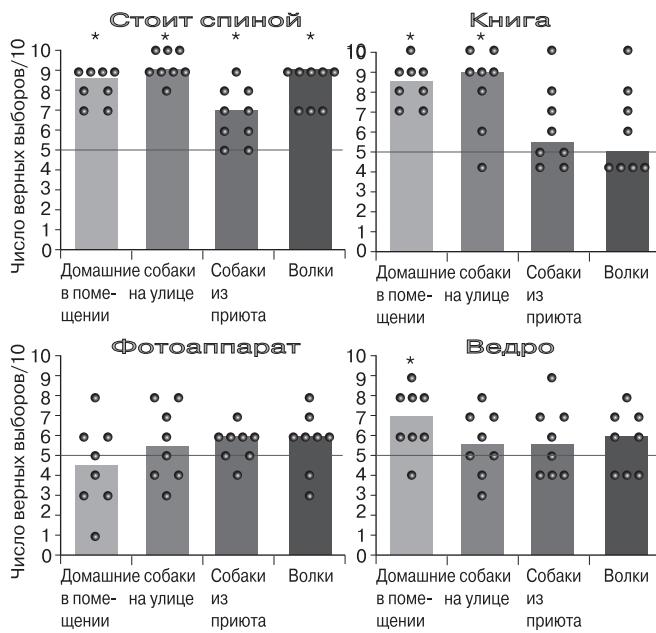
Нельзя исключить, например, что мы имеем дело со сложной системой условных рефлексов. Когда-то щенок не удержался и сделал что не велено, пока хозяин читал, возмездия не последовало, и между двумя фактами закрепилась связь. Рефлексы и дрессировка могут регулировать очень сложные формы поведения, вспомним хотя бы «считывающих» животных в цирке. Представители самых разных биологических видов, до лошадей включительно, якобы решают арифметические примеры, на самом деле повинуясь едва заметным движениям дрессировщика. При этом некоторые владельцы животных подсказывали им правильные ответы бессознательно, слегка изменяя позу или выражение лица в нужный момент, а получив прекрасный результат, сами верили в математические способности питомцев. Отсюда ясно, что отличить условный рефлекс от акта мышления не так просто.

Есть и второй вопрос: если собака активно анализирует поведение человека, откуда у нее эта способность? Общая ли она для всех псовых, включая дикие виды? Известно, например, что многие млекопитающие, от приматов до медведей, способны «вычислять» поле зрения другой особи и строить свое поведение с учетом этой информации — перемещаться так, чтобы не заметил сердитый вожак стаи, или потенциальная добыча, или человек с ружьем. Наделены ли собаки этой способностью ровно в той же мере, что волки, или у собак она развита больше в результате доместикации — отбора на одомашнивание?

То, что одомашнивание влияет на поведение, хорошо известно, вспомним хотя бы классические исследования Д.К.Беляева (его работы середины XX века до сих пор цитируют и наши, и зарубежные ученые). Меньшая агрессивность домашних зверей определяется на генетическом уровне. Однако выживанию рядом с человеком наверняка способствовали не только повышенное по сравнению с волком миролюбие, но и умение прочитать на лице первобытного охотника, что он сейчас бросит в направлении собаки — булыжник или косточку. Так, может быть, у собак есть врожденное умение распознавать нюансы нашего поведения, мимики, связанное, допустим, с особыми структурами мозга? Или же такое умение приобретается во время жизни рядом с человеком, при каждодневном общении, и никаких специальных врожденных особенностей не требует?

Примерно такие рассуждения подсказали специалистам по когнитивным способностям собак схему эксперимента. Моник Удел, Николь Дори и Клив Уинн (университет Флориды) сравнили между собой домашних собак, собак из приюта и волков, выращенных человеком. Иными словами, одомашненных псовых, как имевших возможность наблюдать человека в его естественной среде, так и лишенных этой возможности, и волков из исследовательского парка в Индиане, выращенных людьми, — их диких кузенов, заведомо иных генетически, но по опыту общения с человеком сравнимых с собаками из приюта. Животные должны были просить пищу у одного из двоих людей, причем один экспериментатор смотрел на подопытного, а другой «не видел» его.

Во всех опытах кусочки пищи зверям предлагали две женщины. Выбор разумный: не доверять малознакомому мужчине у



#### Как собаки и волки выбирали человека, готового угостить их (пояснения в тексте)

среднестатистической собаки больше оснований. Из приюта взяли только тех собак, которые были записаны как «бродячие», то есть их не забирали у хозяев, а нашли в чистом поле или на обочине дороги. И у них, скорее всего, был какой-то опыт жизни с их собственными людьми (вряд ли помесь лабрадора или питбуль родились в дикой стае), но давно.

Собаку или волка, проверенных на готовность получить кусочек еды (если б звери хотели не есть, а играть, это смазало бы результаты), подводили к двум исследовательницам, каждая из которых имела при себе маленький кусочек ветчины или собачьего корма. Невнимание человека к собаке моделировали четырьмя способами. «Невидящая» исследовательница стояла к подопытному спиной, держала перед лицом раскрытую книгу, небольшой фотоаппарат либо надевала на голову белое пластмассовое ведро. Ничего смешного: целью ученых было создать ситуацию, незнакомую ни собакам, ни волкам, и притом такую, чтобы человек заведомо ничего не видел. «Едва ли кто-то из собак, участвовавших в эксперименте, мог наблюдать хозяев с ведром на голове, — добросовестно отмечают авторы статьи, — никто из владельцев не сообщал о подобном». Понятно, что во всех случаях «видящая собака» женщина держала в свободной руке такой же предмет.

Подопытного останавливали на равном расстоянии от обеих женщин, и по сигналу ассистента обе одновременно звали его по имени (у волков тоже были клички, а безымянных приютских окликали просто «собачка»). Разумеется, не использовались никакие команды типа «ко мне» — ученые подавали голос только для того, чтобы подопытный точно обратил внимание на обеих. (Женщина с ведром придерживала его рукой, чтобы нижний край был чуть выше уровня рта и не искажал звук.) Дальше фиксировали выбор: к кому из двух пойдет подопытный зверь.

Волков тестировали на вольном воздухе, приютских собак — в помещении (видимо, так было спокойнее тем и другим), домашних собак, разделенных на две группы, — и там, и там, чтобы проверить, не влияет ли обстановка на результаты. Каждая собака участвовала только в двух из четырех вариантов эксперимента, чтобы избежать эффекта обобщения — «невидящая» женщина ветчины не давала никогда, а они достаточно умны, чтобы сформулировать правило «всегда беги к человеку, который не держит ничего перед лицом». Так много волков раздобыть не удалось, поэтому они участвовали во всех четырех вариантах, но с достаточно большими перерывами.



#### НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Итоги экспериментов представлены на диаграмме. (Точки — личные результаты отдельных особей, прямоугольниками показаны медианы, то есть уровни, разделяющие результаты группы пополам; звездочкой отмечены статистически достоверные предпочтения. «Верным выбором» считался подход к видящему человеку.) И собаки, и волки явно предпочитали просить еду у того, кто стоит к ним лицом, а не спиной. Домашние собаки чаще игнорировали человека с книгой: у читающего не допросишься, понятное дело. Фотоаппарат никого из подопытных не смущал, а домашние, возможно, даже предпочитали «фотографа» — они могли знать, что он видит через объектив, а если ему нужен крупный план, на ветчину вполне можно рассчитывать. Любопытен результат с ведром: незнакомый объект на голове экспериментатора очень слабо убедил подопытных. Мало ли, у человека в солнечных очках или мотоциклетном шлеме тоже глаз не видно, а собаку он видит...

Так что же, им действительно все равно, носит ли человек ведро на голове? Оказалось, нет. В дополнительной серии экспериментов одну группу собак и волков пытались научить просить еду только у человека без ведра, другую группу — только у человека в ведре (то есть делать неслучайный выбор). Во второй группе результаты были существенно хуже: и собаки, и волки против очевидности идти не могли.

Итак, в рамках данного эксперимента не выявлено генетической составляющей *theory of mind* у псовых. Вклад личного опыта животных выглядит куда более значительным — у приютских собак и прирученных волков результаты очень близки. Однако в опытах участвовали собаки взрослые, не моложе четырех месяцев, да к тому же не выровненные по возрасту в разных группах. Второе не столь важно: как справедливо заметили авторы работы, опыт не коррелирует с продолжительностью жизни. Но генетический фактор по понятным причинам лучше выявлять на детенышах. И такие результаты действительно были получены: например, группа венгерских ученых (двоих участников этой работы написали комментарий к статье Удел, Дори и Уинна) показала, что щенки заметно лучше различают хозяев и незнакомых людей, чем выращенные человеком волчата. Десятки тысяч лет бок о бок с человеком все-таки не прошли даром.

**Е.Котина**

#### Литература

M.A.Udell, N.R.Dorey., C.D.Wynne. Can your dog read your mind? Understanding the causes of canine perspective taking. «Learning and behavior», 2011, 39(4), с. 289—302, doi: 10.3758/s13420-011-0034-6.

J.Topál, M.Gácsi, Á.Miklósi, Z.Virányi, E.Kubinyi, V.Csányi. Attachment to humans: a comparative study on hand-reared wolves and differently socialized dog puppies. «Animal behaviour», 2005, т. 70, № 6, с. 1367—1375.

# Зеброид для Красной армии

Григорий Панченко



Первый из российских зеброидов, Фрегат, в упряжке с ломовой лошадью

Дроздовцы атаковали Асканию-Нова, и красные, убегая, открыли вольеры тамошнего зоосада. Бедные четвероногие, вздымая пыль до небес, помчались прямо на «дроздов», приготовившихся было к атаке красной конницы. Увидев жирафов, «дрозды» пережили не самые веселые минуты, но вскоре все разъяснилось. Антилопы загнали обратно в вольеры, жирафы, правда, сумели поснимать с половины офицеров фуражки, а вот зебр пришлось вязать и транспортировать против воли. Скормив бедным пленникам весь имевшийся запас сахара, «дрозды» пошли дальше.

Андрей Валентинов. Флегетон.

## Полосатые альтернативы

Цитата в эпиграфе — почти не измененный фрагмент из воспоминаний генерала А.В.Туркула «Дроздовцы в огне». Достоверность конкретных деталей оставил на совести генерала: по другим мемуарам белогвардейский визит в Асканию-Нова выглядел куда менее благостно, да и жирафов там никто не заметил. Но вот зебры действительно были. А еще были «производные» от них — гибриды зебры и лошади. Зеброиды.

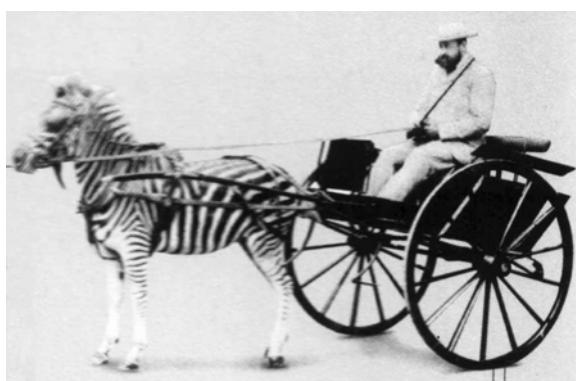
В Аскании они появились очень рано: еще «при пане», то есть при основателе степного зоопарка-заповедника Фридрихе Фальц-Фейне. Для самого Фальц-Фейна это первоначально была своего рода работа на рейтинг, не связанная ни с научными, ни с хозяйственными целями; но вот создатель асканийских зеброидов, профессор И.И.Иванов, возлагал на них большие надежды. Не без оснований: вскоре выяснилось,

что маленькие, чуть выше пони, полуолосатые полукровки обладают потрясающей выносливостью и тяговой силой, особенно ценной в условиях жаркого безводья таврийских степей.

В каноническое собрание рассказов, из поколения в поколение передаваемых сотрудниками заповедника Аскания-Нова, входит история о том, как первый зеброид, Фрегат, тридцати семи месяцев от роду (то есть еще не войдя в полную силу), во время продолжавшихся весь световой день испытаний насмерть загнал двух рослых ломовых битюгов, которых поочередно впрягали в пару с ним в тяжело нагруженную телегу. Повествование это черезсур мелодраматично, да вдобавок насыщено пролетарским негодованием по поводу помещика и капиталиста Фальц-Фейна, который не сразу поверил в превеликие достоинства гибрида, столь нужного грядущему пролетариату. Но что-то подобное, надо полагать, имело место.

Продолжались эксперименты и позже, в том числе во время послереволюционной неразберихи. Так, согласно архивным данным, один из зеброидов в 1919 году продемонстрировал рекордную мощность, сумев повезти телегу весом 249 пудов. На какую дистанцию и с какой скоростью — сведений нет, но это в любом случае очень серьезно не только для существа лишь немногим крупнее пони, но и для могучей рабочей лошади тяжелоупряжной породы.

К Первой мировой войне производство асканийских зеброидов уже было поставлено на поток. Взрослых гибридов в



Зебра в прогулочном экипаже (викторианская Англия). На «водительском месте» — второй барон Ротшильд, Лайонел Уолтер: не только финансист и политик, но также известный биолог



Ротшильдовские экипажи на полосатой тяге — наиболее серьезные попытки использования полуодомашненных зебр в рабочей упряжке. Однако при езде четверней или шестерней в качестве левого переднего «двигателя» (самого проблемного при управлении, если возница — правша: это животное труднее всего подстегнуть кнутом, так что оно должно лучше прочих слушаться поводьев) все-таки использовалась «традиционная» лошадь..



Проблемой зеброидов барон тоже занимался, но не с целью создать новую породу, а в надежде (как вскоре стало ясно, биологически несостоятельной) воскресить кваггу, истребленный в XIX веке вид зебры с «полошадиной» окраской. На фотографии — экспозиция из ротшильдской зоологической коллекции в Музее естествознания: чучела взрослой квагги и жеребенка-зеброида «кваггообразной» масти.



Зебра Чапмана под всадником (Аскания)

наличии имелось менее двух десятков, но лишь потому, что еще не было решено, разводить ли их традиционным способом, скрещивая лошадей и зебр (коих в Асканию уже завезли предостаточно) — или, может быть, фальц-фейновским селекционерам все-таки удастся преодолеть первый из зеброидных пороков. А именно — бесплодность.

Сейчас мы знаем: этот порок непреодолим, хромосомный набор у зебры с лошадью отличается на целых десять пар (64 хромосомы у лошади, 44 у зебры Чапмана), так что их потомок при всех обстоятельствах обречен стать «мулом». Однако во времена Фальц-Фейна и Иванова такие нюансы еще не были известны.

Вторым пороком продолжала оставаться доставшаяся в наследство от дикого зверя — а зебра все-таки не домашняя лошадка! — свирепость. С этой проблемой тоже пытались бороться, причем не так уж безуспешно.

Специально для тех, кто не вполне понимает разницу между животным ручным и домашним. Конечно, даже самых обычных, ни с кем ни гибридизированных зебр и в повозки запрягали, а иной раз и верхом ездили на них. В романах Буссенара или Майн Рида это получалось очень лихо, но имело место и в реальности: от викторианской Англии до той же Аскании-Нова, предвоенной и современной. Далеко не всегда такая поездка превращалась в цирковой номер с элементами каскадерства, среди множества прирученных и даже объезженных зебр можно было найти таких, которые действительно способны воздержаться от смертельно опасных выбрыков и укусов. Особенно после долгой и тщательной дрессировки с «молочного» возраста; под руководством хорошо знакомого, умелого и, главное, тактичного седока или возницы; во время коротких, несложных, но при этом тщательно срежессированных выездов; в привычной, спокойной обстановке.

Нужно ли подробно комментировать, в чем заключается разница между такими фокусами (да, все-таки почти цирковыми!) и требованиями, которые предъявляются к стандартной кавалерийской лошади? Или хотя бы к лошади упряжной, вьючной, обозной?

История знает лишь один случай, когда обученных зебр хоть в каком-то количестве пробовали использовать для практической цели. За несколько лет до Первой мировой в немецких колониях Черного континента была предпринята попытка перевести на полосатую тягу хотя бы «запасной состав» кавалерии: чтобы основной состав, предназначенный непосредственно для военных действий, можно было щедрее снабжать лошадьми традиционных скаковых пород. Но чистокровные зебры, как всегда, оказались малопригод-



А вот под седлом сразу две зебры.  
В седлах же —  
офицеры колониальных  
войск  
кайзеровской Германии



## РАССЛЕДОВАНИЕ

ным материалом, а технологию зеброидизации немецкие селекционеры не освоили — хотя вот им-то она бы весьма пригодилась...

### Козыри полукровок

Короче говоря, домашнее животное из зебры можно получить лишь через многие сотни поколений. А вот зеброиды, все-таки унаследовавшие половину «домашних» генов, в этом смысле подавали большие надежды. И даже частично их оправдывали. Управляться с ними мог все же далеко не каждый, особенно в верховом варианте — но порядок опасности скорее соответствовал «норовистой лошади», а не «дикому зверю». К тому же для подседельной езды имевшиеся в наличии зеброиды и не предназначались: все они были потомками жеребцов зебры Чапмана (некрупная разновидность) и водовозных кобыл среднего качества, так что получался в итоге «конек-горбунок». А вот как упряженная, тягловая сила они действительно стоили много, даже если подвиг Фрегата несколько приукрашен. Да и для «юзера» упряженной варианта был не столь опасен.

Во время июньского наступательного прохода врангелевской армии через Асканию генерал Туркул на зеброидов внимания не обратил. Но был еще и октябрьский вояж, в обратном направлении. О нем никому из белогвардейских мемуаристов вспоминать не захотелось, так что приходится ориентироваться на воспоминания асканийцев.

Справедливи ради скажем, что Дроздовская дивизия в октябре Аскании-Нова миновала. Тех же, кто не миновал, ветераны заповедника описывали по-разному, но вроде бы получается, что речь идет об одном из казачьих подразделений, осколке Отдельной донской бригады генерал-майора Морозова.

К тому времени в Аскании-Нова оставалось шестнадцать зеброидов. Все они были приучены к упряжи, многие и к седлу, однако требовали при этом особого обращения. Морозовцы (если это были они) сперва положили на них глаза, но вскоре поняли, что казаку садиться верхом на такое вот маленькое, неказистое, сильное, выносливое и свирепое недоразумение, во-первых, стыдно, а во-вторых, все-таки страшно. Иное дело — тягловой транспорт. А при морозовском отряде как раз имелись два тяжелых орудия, которые их конные запряжки едва влекли по осеннему бездорожью, после же двухдневных дождей, заставших казаков в Аскании, и вовсе тянут не смогли.

Вот тогда-то зеброидов, всех шестнадцать, и мобилизовали в тяжелую артиллерию. А заодно и молодого объездчика, одного из немногих, кто умел с этими «приученными к упряжи» надежно управляться.



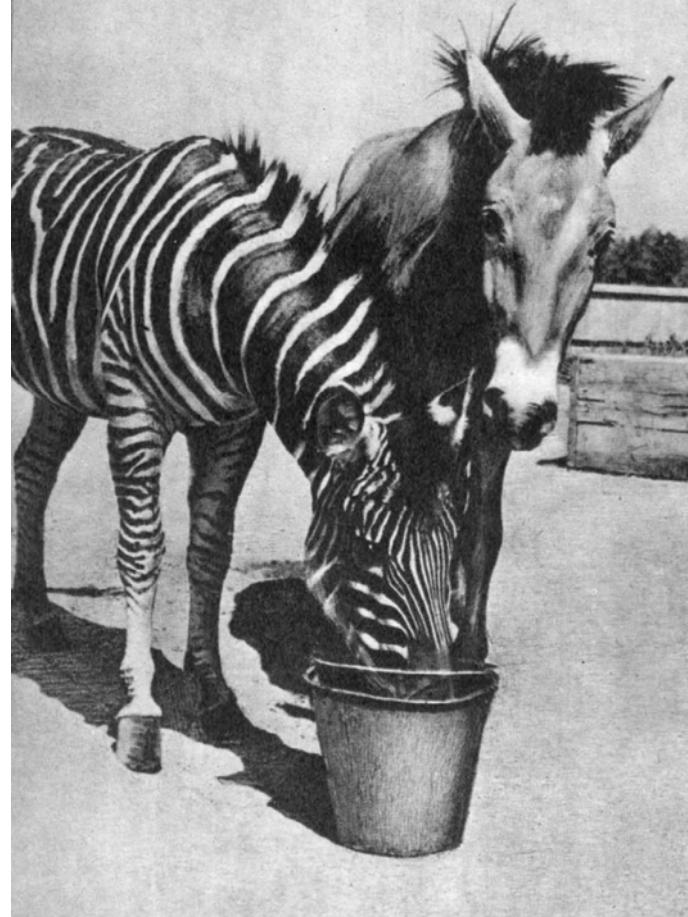
*Асканийские технологии: сдружить зебру и лошадь нелегко — сперва надо наладить «мирное сосуществование»*

Маленькие полосатые коньки легко потащили тяжелые пушки, неподъемные для обычных лошадей, по раскисшей октябрьской дороге — и навсегда исчезли с глаз асканийцев. Как гласит каноническая легенда, шестнадцать зеброидов вместе с юным обездичником оставались при пушках на всем пути врангелевского отступления, вплоть до самого Сиваша — где их и перебили, мол, не большевикам же оставлять! Погиб и обездичник.

Так ли именно завершился их вояж — поди угадай: мелодраматизм тут зашкаливает даже сильнее, чем при описании дореволюционного подвига Фрегата (который, кстати, был в числе тех шестнадцати). Пожалуй, у асканийцев в принципе не могло быть столь подробной информации: трудно представить, что какой-нибудь морозовский есаул позвонил им по мобильнику или послал SMS! Если же учесть, что самые слезные рассказы о событии (именно те, где присутствует гибель обездичника) прозвучали только в 1936 году...

Как бы то ни было, этот горестный эпизод в целом скорее послужил к вящей славе асканийских селекционеров. Тяжелые пушки, буксируемые полосатыми лошадками в условиях, когда обычная конная тяга спасовала, с той поры фигурировали во всех документах — и во многом благодаря им программа зеброидоводства в 1920—1930 годы получила резкий старт.

Сколько именно зеброидов было готово к интересующему нас периоду, сказать сложно: опубликованные данные разнятся, полуофициальные воспоминания тоже не идентичны. Кроме того, большое количество архивной документации, в том числе и засекреченной, погибло в 1941—1943 годы вместе с живым материалом. Но к сорок первому году речь идет уже о нескольких стадах, правда, небольших.



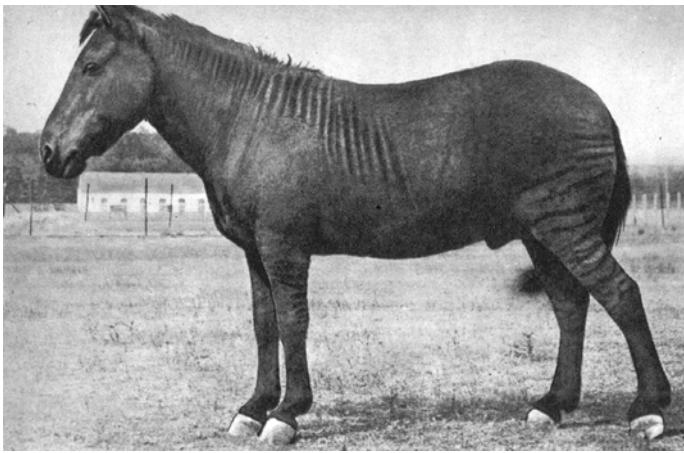
Если выражаться языком техники — этап предпромышленного производства. Слишком много для удовлетворения научного любопытства, даже первая экспериментальная стадия в основном уже позади. Но в массовую серию гибрид еще непущен...

Почему так? Главным образом потому, что никак не удавалось обойти порок бесплодия. Надежда на это все еще сохранялась, во всяком случае применительно к самкам — потому и множили поголовье, стремясь не мытьем, так катаньем получить кобыл, способных к воспроизведению гибридов второго порядка, то есть лошадей на три четверти... Увы, ничего не вышло.

Можно бы остановиться и на варианте мула: массовое муловодство, в том числе для нужд армии, — дело известное, и польза от него очень ощутима даже и в армии XX века (по крайней мере, первой его половины). Причем как раз такой армии, в которой могут быть востребованы преимущества зеброидов: долгие перегоны в знойных степях, где редкие дожди не столько решают проблему водопоя, сколько увеличивают проблему бездорожья...

О каком из возможных направлений могла идти речь, скажем после. Хотя иные читатели уже догадались: особенно любители альтернативной военной истории!

На этом театре военных действий полосатый мул всем хорош, но только «готовый». А вот в стадии воспроизведения зебровая составляющая подкачала, во всяком случае для СССР. Да, зебр в Аскании уже изрядное количество, целые табуны, но потребности конезаводов (или пусть мулозаводов) куда более масштабны, особенно в военное время. Завозить же полосатых лошадок из Африки во множестве, тысячами — серьезная проблема. Почти столь же серьезная, как возможная альтернатива, сводящаяся к организации фактически двух конезаводов нового типа: один для воспроизведения зебр (абсолютно бесполезных самих по себе), другой — для



Один из асканийских зеброидов на фотографии 1930-х годов: чрезвычайно могучее телосложение при очень компактных размерах

создания зеброидов. А ведь даже климат Аскании для зебр зимой холодноват, им требуются утепленные стойла.

(Ох, как пытались у нас этих коренных африканцев по-настоящему акклиматизировать, приучить не мерзнуть зимой! В те же годы пытались, в рамках все того же эксперимента. Но — не вышло. Так что пришлось советским селекционерам смириться с идеологически чуждым фактом: эволюционно выработанные качества перепропагандировать не получится.)

Хорошо было Британской империи, с ее обилием теплых колоний и доминионов вроде Австралии! Именно там и подрастало основное поголовье... нет, не зеброидов (о них англичане всерьез не думали), но армейских мулов, столь успешно использовавшихся британцами во многих войнах. Даже и во Второй мировой — в которой выночный и гужевой транспорт играл, конечно, роль далеко не первостепенную, однако достаточно важную.

## Время непарнокопытных тигров

Так что попытки обмануть несовместимость продолжались. Одна из них привела к появлению «зебропржевалоидов». Лошадь Пржевальского, как известно, с домашней лошадью дает плодовитые помеси (правда, тут количество хромосом не совпадает лишь на одну пару — но в предвоенные годы такие нюансы уже не принимали во внимание: генетика была в опале), так не попробовать ли скрестить ее с зеброй? Может быть, эти гибриды окажутся пригодны для дальнейшей селекционной работы? Конечно, следовало бы сразу задуматься, есть ли смысл создавать домашнее животное путем гибридизации двух диких видов, но уж слишком велик был соблазн.

В результате на свет появился Мижорд (1929—1959), по маме Чапман, по папе — Пржевальский. Самое страшное существо, которое когда-либо носила асканийская земля.

Ростом и статью он превосходил своих родителей (правда, это был незакрепляемый, ненаследуемый фактор: влияние гетерозиса), так что даже вписывался в кавалерийские стандарты, пускай по низким пределам. Но поставить его в конницу мог только буйнопомешанный. Равно как и использовать на конном заводе, даже не окажись Мижорд все-таки бесплоден. Насчет последнего асканийские селекционеры могли судить лишь предположительно: в юности зебропржевалоид этим интересовался, но, когда заматерел, его пристрастия изменились. Отныне любое оказывающееся в пределах досягаемости живое создание (вне зависимости от пола, размера, видовой принадлежности и количества ног) интересовало рыжеполосатого монстра лишь в одном смысле: за сколько секунд получится убить его.

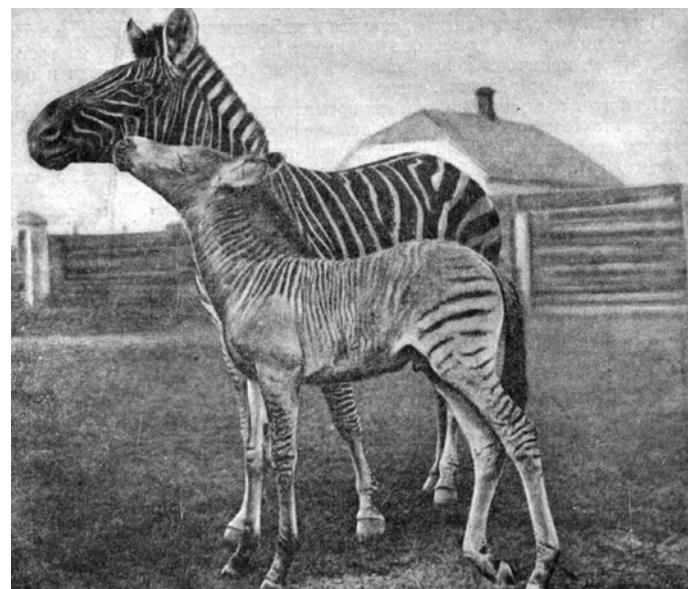
Много секунд это, надо сказать, не занимало. Ни в одном из допущенных случаев.



## РАССЛЕДОВАНИЕ

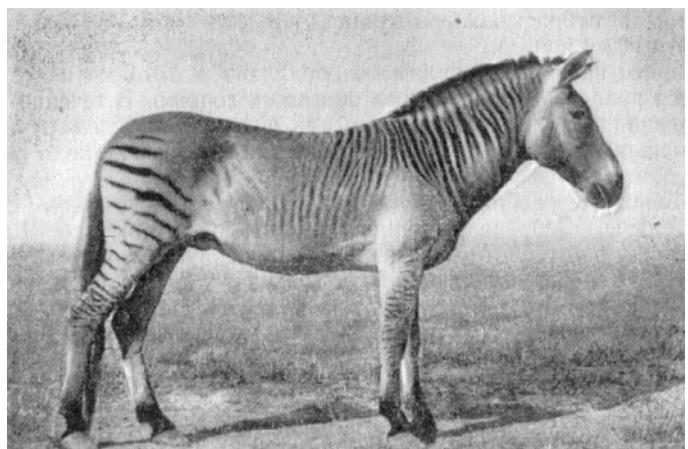
В 1941 году асканийских зеброидов вместе с частью других ценных животных попытались эвакуировать «своим ходом». Эта попытка закончилась трагически: немецкие истребители тут же устроили подобие воздушного сафари, расстреляв из пулеметов движущийся по степи экзотический гурт. Но такое сатанинское отродье, как Мижорд, сотрудники заповедника включить в этот гурт изначально не решились, оставив его по прежнему адресу, в специально выстроенном загоне особой надежности.

В результате зебропржевалоид не только уцелел, но и сделался головной болью оккупировавших Асканию фашистов. Пока он пребывал в том загоне, особых проблем не возникало, однако в 1943-м пришло время отступать немцам, так



Мижорд в возрасте детском...

...и в возрасте «людоедском»



что теперь уже они занялись вывозом уцелевших диковинок. И наивно попытались перегнать Мижорда в транспортную клетку...

Количество жертв в разных описаниях варьирует: о перебитой дивизии вроде бы никто не говорил, но четверо искалеченных и двое убитых фашистов упоминаются часто. Это, конечно, заметно больше, чем было на счету у среднестатистического красноармейца. Сам Мижорд за свой подвиг жизнью не заплатил, унесся в степь (стрелять ему вслед фашисты все-таки сочли нелепостью) и был обнаружен через четыре дня, уже после ухода оккупантов. Причем убежище он нашел на задворках того здания, в котором при немцах было оборудовано асканийское отделение гестапо. Работники заповедника, узнав об этом, тихо, но дружно сказали: «Знал, где ему место!».

В общем, на примере Мижорда была отработана оптимальная схема, по которой можно применять такие гибриды в военных целях. А именно — оставлять их на пути врага, чтобы этот враг сам попытался как-то их использовать.

Тем не менее лошадь Пржевальского — еще один вид, активно применявшийся в Аскании для гибридизации и до войны, и после. В основном это, конечно, были помеси не с зеброй, а с домашней лошадью. Полукровки оказывались не только плодовиты (во всяком случае, кобылы), но и устойчивы к болезням, неприхотливы, сильны и выносливы. Однако нрав у них был хотя и не мижордовский, но все равно покруче, чем у обычных зеброидов. К седлу удавалось приучить в основном кобыл, но «удавалось приучить» — эвфемизм. Одна из наиболее надежно «приученных» довоенных кобылок получила красноречивую кличку «Чертоглядка». Она завела манеру, когда начиналась подготовка к сеансу верховой езды (столь же суровая, как при проведении контртеррористической операции), подходить к стене загона, вставать на дыбы, опираться «локтями» на брусья ограды — и с поистине сатанинским любопытством оглядывать суетящихся снаружи людей: ну-ка, ну-ка, интересно, кому я на этот раз откушу палец, а кому сломаю лодыжку?

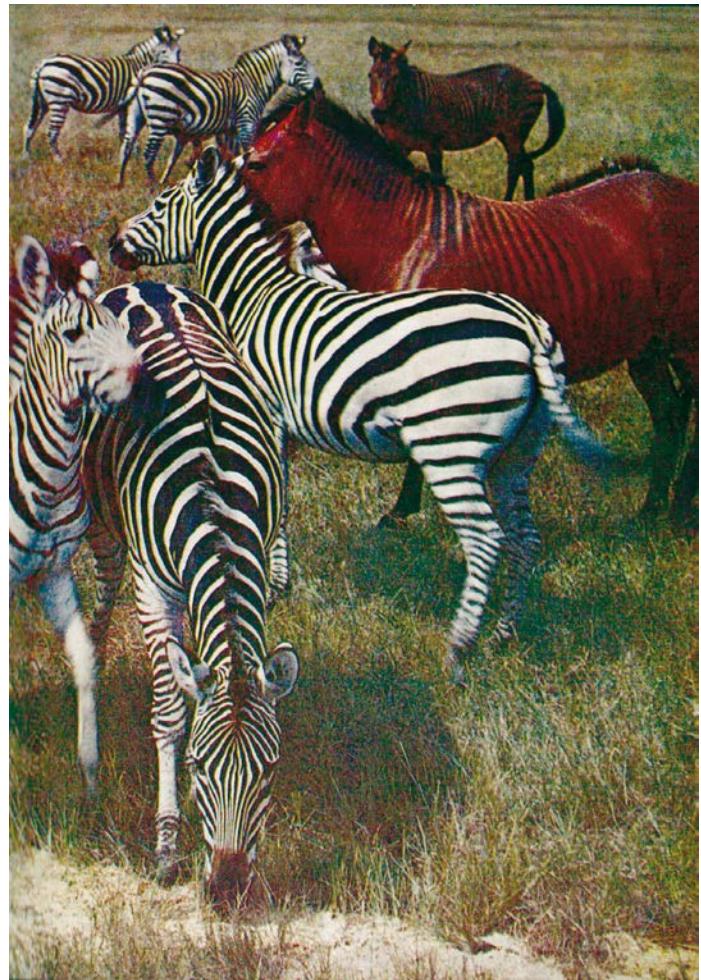
## Шанс для тяжеловоза

На этом фоне «стандартные» зеброиды выглядели куда приличней. Они все же могли бы, сложись история иначе, поработать армейскими мулами. Особенно если их производить по более многообещающей схеме: мать — кобыла тяжеловозной породы, а отец — жеребец зебры не Чапмана, но Грэви, самой крупной, размерами со среднюю лошадь. От-прыск за счет гетерозиса мог получиться не просто могучим, но и громадным. Правда, еще вопрос, насколько удалось бы использовать эти его качества в полезных целях: ведь даже мелкие полукровки требовали к себе, что называется, эксплуативного подхода.

(А если взять кобыл донской породы — буденновской в 1930-е годы еще нет, — то зеброид будет достаточно высок,строен и быстроходен, чтобы скакать на нем в кавалерийскую атаку.)

Зебры Грэви попадали в Асканию гораздо реже, чем их мелкие родичи, но такое все же случалось. Использовали ли их для получения зеброидов? По сохранившимся документам — ни разу, по слухам — минимум дважды, хотя толком и не понять, в каких сочетаниях. Как неохотно, не каждому и, возможно, не совсем правду рассказывали старые сотрудники заповедника, жеребята «рождались очень драчливыми и вскоре погибали».

Самый тон рассказов заставляет предполагать, что этих жеребят асканийцы не просто «не сберегли», но и, скажем без околичностей, прямо-таки постарались не сберечь, не дорастить до взрослого состояния. Причины этого станут более понятны, если учесть, что, опять же по слухам, один из

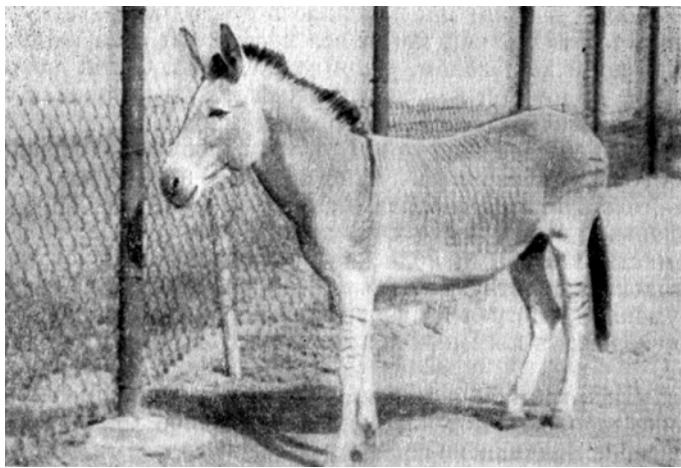


Последние асканийские зеброиды: «допечатка» 1962 года

них был младшим единокровным братом вышеупомянутого Мижорда: вроде бы мисс Грэви сумела очаровать того самого мистера Пржевальского, который пару лет назад осчастливили своим вниманием мисс Чапман. Уже зная, что представляет собой повзрослевший Мижорд, работники заповедника вполне могли прийти в ужас от перспективы появления нового поколения полосатых людоедов, на этот раз ростом не с мелкую лошадь, но с крупную...

Так или иначе, в последние предвоенные годы к идеи масовой зеброидизации несколько охладели. Видно, слишком уж громкими были посылы — и тем сильнее оказалось разочарование, когда выяснилось, что прямо сейчас для армии или хотя бы сельского хозяйства от полосатых гибридов явного прока точно не будет, а будет ли прок в глобальной перспективе — тоже Мичурин надвое сказал. А вот в послевоенное время интерес снова возобновился: Аскания-Нова возобновила «выпуск» зеброидов уже в 1949 году, окончательно же завершились эксперименты лишь в 1962-м (автор этих строк в отрочестве еще успел увидеть последних асканийских зебро-лошадок собственными глазами). Но это уже была инерция, излет. Игра оказалась не стоящей свеч.

Даже наилучший путь получения крупных зеброидов тоже не так легок — по крайней мере, для предвоенных лет. В тогдашнем СССР с породными тяжеловозами были проблемы, оттого, может, селекционеры с такой надеждой и посматривали на полосатых полукровок, хотя бы чапмановских. Чуть ли не проще запастись должным числом жеребцов Грэви, чем тяжеловозных кобыл! Это уже в последние годы жизни генералиссимуса у нас были приличным тиражом изданы нелицензионные — но, говорят, улучшенные — версии кайд-сдейлей (в вольном переводе на русский — «владимирский тяжеловоз», арденов («русский тяжеловоз») и брабансонов



Самый выдающийся из асканийских ослозеброидов, Приз, по экстерьеру и силе был почти равен небольшому мулу, однако унаследованный от обоих родителей поров не позволял использовать его для работы



Стандартный гибрид между зеброй и ослом: на роль конька-горбунка он годится, но в качестве артиллерийского тягача — не предлагать!

(«советский тяжеловоз»).

И тогда же оформилась как класс буденновская порода, последняя во всем мире из «заточенных» под классическую конницу — скакать во весь опор, рубить шашками. Какие-то планы на нее еще строили, хотя и с явным запозданием — но зеброиды в эти планы уже не вписались. Вот если бы они обладали какими-то по-настоящему уникальными качествами, позволяющими использовать их там, где совсем уж «не пройти» лошадям...

Может быть, эти качества действительно существовали, но так и остались не выявленными. Гибридные лошади с зеброй вполне могли сохранить ту особенность, которой обладает лишь зебра, но не домашняя лошадь. Например, высокую устойчивость к «атакам» мухи цеце, следовательно, невосприимчивость к сонной болезни, которая делает фактически невозможным использование рабочих и военных лошадей в Центральной и Восточной Африке. Но СССР ни в 1939-м, ни в 1949-м, ни тем более в 1962-м не собирался воевать на территории Конго или Сьерра-Леоне. По крайней мере, в конном строю.

## На длинноухой тяге

Кроме зеброконей в Аскании создавали и зеброослов, но лишь в единичных случаях. Пожалуй, это можно отнести к отработке технологии: на практике такой гибрид точно никому



## РАССЛЕДОВАНИЕ

не нужен, он слабее и упрямее хорошего «стандартного» мула. Появились и гибриды не с зеброй, а с куланом. Ослокуланы представляли собой такое же чёрт-те что, как ослозебры, а вот конекуланы были роскошными существами, по телесным статям заметно превосходящими обычных мулов, а по характеру не более проблемными, чем конезебры.

Стартовали куланоиды еще до войны, но пик интереса к ним приходится на те самые годы, когда у нас начались массовые «допечатки» отечественных пород тяжеловозов (да и военные конезаводы еще продолжали существовать). И тогда же асканийские мичуринцы поспешили заявить, что эти-то гибриды, наконец, оказались способны приносить потомство... или вот-вот окажутся... Следовательно, их можно будет использовать как новую породу плодовитых мулов, не только сильную и выносливую, но также (внимание!) «обладающую осторожной, верной поступью, незаменимой для горных переходов».

Для обычных мулов все это действительно характерно, однако трудно понять, почему вдруг таких качеств ожидали от потомков степняка кулана. По асканийскому плацдарму такие тропы заведомо не проходили. Но конекуланы создавались еще и в Ташкенте, где горный полигон куда ближе; там вроде бы животные вообще не выходили за пределы зоопарковских вольеров — однако...

Похоже, и вправду налицо проговорочка по Фрейду, указывающая на все еще желанное военное направление: от Кабула до Кашмира. Оно ведь в 1950-х годах было почти столь же актуальным, как в 1930-х... и в 1980-х... А выючный транспорт там до сих пор конкурирует с моторным.

Но что бы ни наобещали селекционеры от имени конекуланов, размножаться те все-таки отказались (оно и понятно: разница в пять хромосомных пар обеспечивает непреодолимый барьер, даже если в мичуринско-лысенковские времена разговоры на эту тему не приветствовались). А чистокровные куланы — звери из Красной книги, их в отличие от зебр даже теоретически не найти столько, чтобы открывать гибридизаторский конезавод. К тому же звезда военных конезаводов в ту пору хотя и не полностью закатилась, но была уже близка к горизонту.

В общем и эта попытка создания домашних животных нового типа завершилась срывом. Практической отдачи в очередной раз не последовало, а чистой науке эти эксперименты тем более ничего не дают и не суют.

И вообще, разве для науки как таковой все затевалось?..

P.S. Есть такая шутка: «Самая страшная психическая атака — это матросы верхом на зебрах». Уточним: еще страшнее (во всяком случае для белогвардейцев) матросы верхом на красных зебрах. Это как раз про асканийских зеброидов: цвет их шерсти на неполосатых участках тела — почти багряный.



# Баранина



**Что за мясо баранина?** Баранина — мясо баранов и овец. Человек одомашнил этих животных около 10 тысяч лет назад, раньше, чем корову и свинью. Овцы недаром привлекли внимание животноводов: благодаря развитому стадному чувству их очень удобно пасти, и они неприхотливы в пище, едят даже сорные травы. Из-за этого, кстати, себестоимость баранины невелика, по крайней мере там, где людям хватает пастбищ. Процесс одомашнивания начался в Центральной Азии, и к седьмому тысячелетию до нашей эры овец пасли по всему Ближнему Востоку. Владельцами стад были и библейские патриархи.

Овцы исправно снабжали людей молоком, мясом, жиром, шерстью и кожей. Со временем появились и особые породы: мясные, молочные и дающие шерсть. Это не означает, конечно, что молочные или мериносные животные не годятся в пищу, просто качество их мяса хуже. Например, бараны шерстных пород с возрастом становятся чрезмерно жирными.

**Чем отличается баранина от мяса молодого барашка?** Баранина — понятие обобщенное, овчье мясо разделяют на несколько категорий в зависимости от возраста животного. В пищу идет мясо барашков в возрасте от нескольких дней до трех лет и даже старше. Самым вкусным, нежным и постным считают мясо молочных ягнят, то есть сосунков, не вкушавших другой пищи, кроме молока. Теоретически этот возраст длится восемь недель, но барашки рано переходят на твердый корм и к концу второго месяца, возможно, уже не вполне молочны. Поскольку ягната рождаются в начале года, молочная ягнятинка — сезонный продукт, в свежем виде его можно купить только в конце зимы и весной.

Мясо животного в возрасте от трех месяцев до года, все еще мягкое и нежное, называется мясом молодого барашка, а после года оно становится собственно бараниной. Она более плотная, чем мясо молодых овец, но жесткой быть не должна. Впрочем, год — это условный срок. Годовалое животное считается взрослым, однако у овцы, как и у человека, есть не только паспортный, но и биологический возраст, который специалисты определяют по физическим кондициям и развитию зубов.

Молодое мясо не всегда предпочтительнее зрелого. Да, оно нежное, так как в нем еще мало соединительной ткани, и его можно запекать куском. Зато мясо зрелых животных, хотя оно и жестче, обладает более полным вкусовым букетом, чем молодое. Из него хорошо готовить супы, мясные соусы и подливки. А при выборе мяса для жарки важнее не возраст барашка, а анатомическое положение куска и его размер. Крупные куски лучше запекать в духовке, а не жарить на сковородке.

**А как поступить со старым мясом?** В мясе недокормленных и старых животных много соединительной ткани, и потому оно жесткое. Но даже из самой жилистой баранины получается фарш, годный на котлеты или начинку для пирога. Ее также можно хорошенько потушить в растительном масле с большим количеством овощей, которые улучшают вкус баранины.

**Чем полезна баранина?** Наши предки знали, что делали, одомашнивая овец. Баранина содержит все восемь незаменимых аминокислот, поэтому представляет собой один из лучших источников белка, причем источник безопасный: овцы не болеют туберкулезом и в баранине нет ни паразитических червей, ни их личинок. Жира в ней в два-три раза меньше, чем в свинине, причем холестерина в бараньем жире в два с половиной раза меньше, чем в говяжьем, и в четыре раза меньше, чем в свином. Баранина содержит лецитин, который стимулирует работу поджелудочной железы и тем самым способствует профилактике диабета, а также нормализует обмен холестерина. Некоторые ученые считают, что у народов, употребляющих в пищу в основном баранину, менее распространен атеросклероз. Зато у этих людей могут быть проблемы с щитовидной железой, если они не имеют других источников йода. Баранина им не очень богата, в говядине йода в два — два с половиной раза больше.

Из других минеральных элементов отметим железо, необходимое для кроветворения, а еще соли калия, натрия и магния, благотворно влияющие на сердце и сосуды. Высокое содержание фтора способствует укреплению эмали зубов и предотвращает развитие кариеса. Цинк, которым баранина тоже богата, необходим для работы иммунной системы и деления клеток. Он также помогает



нормализовать уровень сахара в крови и улучшает чувства обоняния и вкуса.

Не забудем и витамины  $B_{12}$  и  $B_3$ , которые способствуют образованию эритроцитов и поддерживают здоровье нервной системы. Витамин  $B_{12}$ , кроме того, участвует в метаболизме жиров, белков и углеводов.

Обладая столь ценностными свойствами, баранина хорошо подходит для питания людей преклонного возраста и детей. Не случайно персонаж романа Тургенева «Дворянское гнездо» Варвара Павловна Лаврецкая, приехав из Франции в российскую провинцию и устраиваясь на новом месте, в числе важнейших распоряжений приказывает непременно достать к завтрашнему дню бараньи котлетки для своей маленькой дочери. Достали.

**Кому и почему вредна баранина?** Однако баранина полезна не всем, и виной тому бараний жир. Животные пищевые жиры состоят главным образом из пальмитиновой, стеариновой и олеиновой жирных кислот. Стеариновая — самая тугоплавкая, и в бараньем жире ее больше, чем в любом другом, до 30%, а ненасыщенной и легкоплавкой олеиновой, наоборот, меньше, поэтому и бараний жир — самый тугоплавкий из всех животных жиров. Остынув, приготовленная баранина покрывается белым налетом и производит впечатление очень жирного мяса, хотя это не так. Тугоплавкий жир труднее переваривается и хуже усваивается. Поэтому людям, страдающим заболеваниями печени, почек, желчного пузыря, язвой желудка или гастритом с повышенной кислотностью, слабым пищеварением, повышенным кровяным давлением, атеросклерозом, лучше не злоупотреблять бараниной. Однако им разрешены небольшие постные куски молодого барашка, желательно отварные.

**И что же делать с баранным жиром?** У потребителей баранины выбор невелик: либо использовать жир, либо нет. Тем, кто его не любит, перед термической обработкой следует удалить как можно больше жира с поверхности куска, потому что в процессе готовки он расплывается и пропитает все мясо. Но совсем без жиров тоже плохо. В разумных дозах они улучшают пищеварение, оказывают слабительное действие, полезны истощенным и малокровным, тем более что животные жиры состоят не только из жирных кислот. Бараний жир содержит витамины A, B<sub>1</sub> и E, бета-каротин, а также стерины и фосфолипиды.

Благодаря своей тугоплавкости бараний жир хорошо хранится и к тому же очень питателен. В азиатских странах его используют в кулинарии, а чтобы жира было больше, вывели специальные курдючные породы овец. Курдюк — это скопление сала вокруг того места, откуда растет хвост. Это сало перетапливают и получают курдючный жир, в твердом состоянии чисто белый или бледно-желтый, в расплавленном — прозрачный. При изготовлении продукта высшего сорта вместе с отборным салом из курдюка перетапливают внутренний жир овечьей туши, в котором больше ненасыщенных жирных кислот.

Овцеводы использовали курдючный топленый жир не только для готовки, им лечили ожоги, негнойные раны и ссадины и даже пытались с его помощью остановить облысение.

**Как избавиться от бараньего запаха?** Бараний жир, да и само мясо обладают характерным запахом, природа которого окончательно не установлена. Некоторые специалисты полагают, что специфический аромат мясу придают определенные разветвленные жирные кислоты и фосфолипиды, другие возлагают ответственность на альдегиды и кетоны. Но как бы то ни было, запах есть, и не всем он нравится. Основной источник запаха — жир, однако его далеко не всегда удается удалить целиком. На этот случай разные народы предлагают различные рецепты. Мясо перед готовкой режут на куски и хорошо промывают в горячей воде. Или же 10—15 минут кипятят баранину вместе с зелеными бобами или морковью, после чего сливают воду с овощами, и вместе с ними уходит запах. В некоторых странах вместо моркови используют сахарный тростник, но нам такой метод вряд ли подойдет. Подправить вкус баранины перед готовкой можно, залив ее на день-другой заправкой из растительного масла и овощей, маринадом или кислым молоком.

Следующий этап коррекции запаха — собственно кулинарная обработка. Мясо тушат в вине или готовят со специями: чабрецом, розмарином и душицей. Тут важно не переборщить, чтобы не забыть вкус самого мяса. Еще один метод избавления от запаха — грилирование, при котором жир из мяса выплавляется. Практически все эти методы совмещают рецепт приготовления шашлыка, для которого берут нежирное мясо, маринуют его, затем жарят над горячими углами на шпажках, то есть фактически грилируют, и едят с кислыми продуктами — лимоном и помидорами.

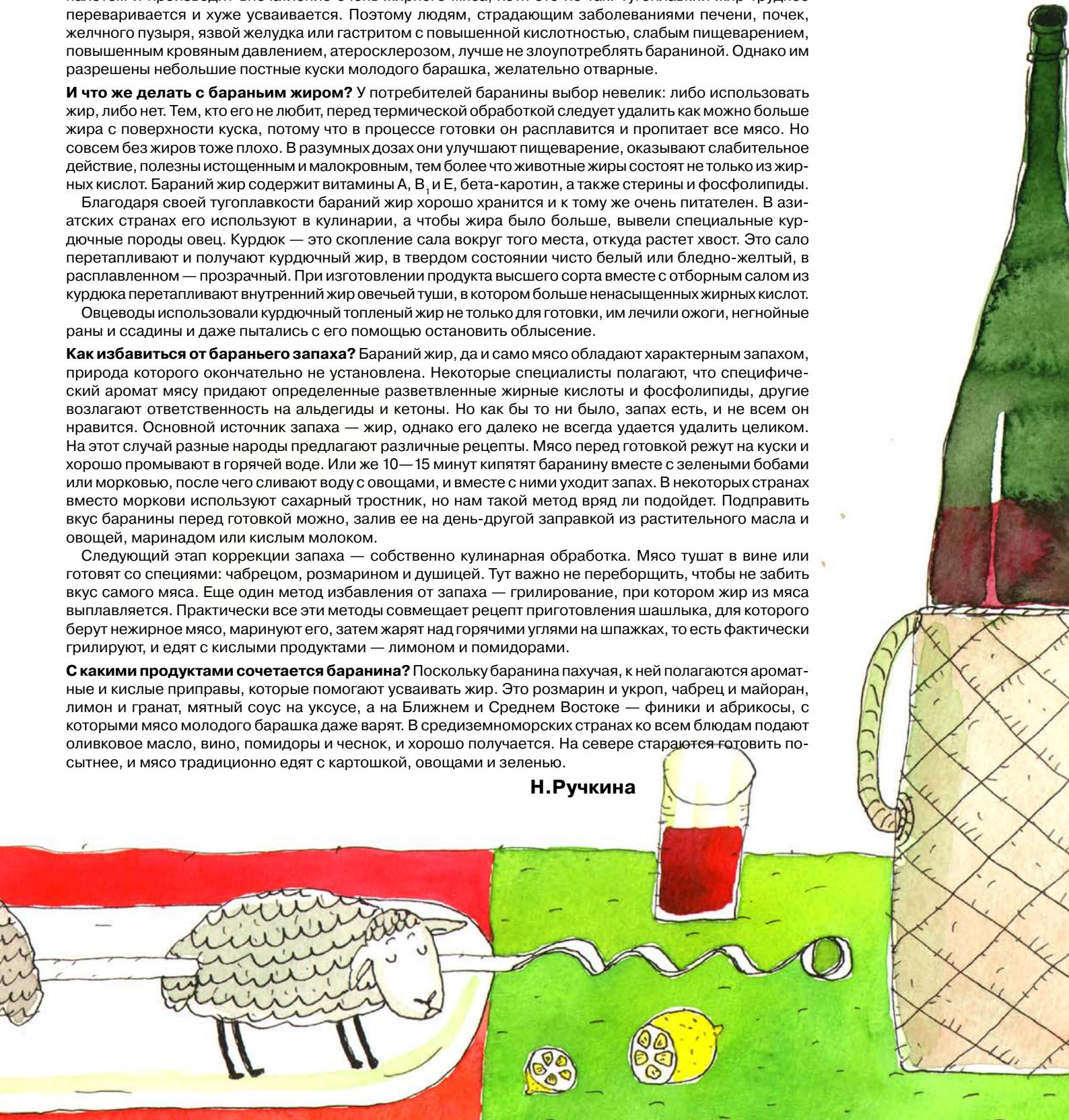
**С какими продуктами сочетается баранина?** Поскольку баранина пахучая, к ней полагаются ароматные и кислые приправы, которые помогают усваивать жир. Это розмарин и укроп, чабрец и майоран, лимон и гранат, мятный соус на уксусе, а на Ближнем и Среднем Востоке — финики и абрикосы, с которыми мясо молодого барашка даже варят. В средиземноморских странах ко всем блюдам подают оливковое масло, вино, помидоры и чеснок, и хорошо получается. На севере стараются готовить по-сытнее, и мясо традиционно едят с картошкой, овощами и зеленью.

**Н.Ручкина**

Художник Е.Станикова



ЧТО МЫ ЕДИМ





Художник М. Михальская

# Хайле

Аше Гарридо

Не знаю, где Хайле гульнул и с кем. И толку было бы знать? За ним водилось. Когда-нибудь этим и должно было кончиться. Есть вещи, которые происходят однажды и навсегда, то, что называют необратимыми процессами. Обвал начинается с одного камешка, Шалтай-Болтай, расплескавшись, не вернется в скрлупу — и другие столь же общеизвестные примеры. Вот нечто из этого ряда случилось и с Хайле. С той минуты он начал умирать.

Не говорите мне, что все мы начинаем умирать с той минуты, как родились. Вы же понимаете, что речь идет не об этом. Когда всеобщее обязательное среднее умирание принимает облик какой-то одной определенной болезни, от которой нет лекарств и не бывает случаев чудесного исцеления — вот тогда-то и становится страшно.

Я знаю. Мне как-то ставили диагноз. Другой, не тот, что у Хайле. Просто болезнь крови. Потом анализы оказались отрицательными — в общем, пронесло. Но тех дней, что мы ждали результата, мне хватило.

У Хайле в запасе было несколько лет кошмара. И он не хотел делить его со мной. Умник. Сначала он разыграл несколько прелестных сцен в духе «прошла любовь». Потом стал донимать меня больше обычного. Он-то знал, как вывести меня из себя. Несколько раз, признаю, ему удалось... Но, простите, даже такое тугодумное существо, как я, рано или поздно начнет задумываться, наблюдать и делать выводы. У Хайле плохо получалось изображать из себя дермо. Да, он слегка без башни, слегка эгоист, слегка самовлюблен. Не больше, чем любой из большинства. Но и статистика здесь ни при чем. Какие наблюдения, какие выводы? Мы просто любили друг друга. И что при этом можно друг от друга скрыть?

Пришлось прижать его к стенке и поговорить начистоту. Тут он во всем и признался, то есть не во всем, потому что мне удалось заткнуть ему пасть — не нужны нам были подробности. Может быть, наоборот, может быть, ему надо было выговориться. Но так еще достаточно тем для этого, а вот подробности... Ни к чему. Без подробностей все выглядело почти мифологически, обретало черты древнегреческого рока. И почему-то мне казалось, что для него — тоже.

В общем, он сказал мне, что у него эта болезнь.

Честно? Вот вам честно: да, мне стало страшно в первую очередь за себя. Хайле это понял, конечно, или даже предвидел, потому что тут же стал просить прощения и уверять, что, как только узнал, так сразу... Ну правильно: последнее время то у него работа, то устал, то голова болит, то мы скандалим так, что не то чтобы прикоснуться — смотреть на него тошно. Умеет он ска-

зануть такое — хоть душ принимай. А! Вот еще одно. Он всегда умел такое подумать, сам признавался, но вслух вылепить — ни-ни. А в последнее время разошелся. Это меня и насторожило. Не сразу, конечно, я же говорю, сначала он меня так доставал, вынимал, извлекал, что после всего, когда мы объяснились и поутихли, пришлось срочно заняться ремонтом дверей во всем доме. Есть у меня такая слабость: чуть что — дверям достается. Мне нравится этот грохот, штукатурка, сыплющаяся с потолка, скрип и скрежет выворачиваемых петель и косяков. Очень успокаивает.

Поговорили, значит.

«Я принес в дом смерть».

«Погоди еще».

Ну, так и вышло: ничего у меня не оказалось. Делали, конечно, и контрольные, и не один раз. Так ничего у меня и не оказалось.

Все это, собственно, можно было бы и не рассказывать, потому что ничего важного в подробностях нет. Можно было сказать всего две вещи: мы любили друг друга — и он умер.

Да, и еще то, что у нас было много времени.

Однажды он сказал мне:

— Ниэсс, почему ты не говоришь об этом? Это ведь можно сделать. Деньги у нас есть. Кой тратить их на лекарства, если от смерти лекарства все равно нет?

— Это ведь будешь не ты.

— Совсем чуть-чуть не я.

— Дружочек, этих кукол делают сам знаешь зачем, а ты...

— Есть ведь очень дорогие модели с очень большим объемом памяти и восприятия. У нас хватит. Что мне нужно? Приличные похороны? Можешь выкинуть меня на свалку. Когда я сдохну, честное слово, мне будет все равно. Веришь? А у тебя буду еще раз я.

Да, это было возможно. И нам повезло к тому же: как раз тогда на Мемории обнаружили мемопластики, эти маленькие лепесточки, и завезли их сюда. Маленькие лепесточки, не больше ногтя, невесомые, готовые упорхнуть от малейшего сквозняка, розоватые, отливающие перламутром, и сквозь него — полупрозрачные.

Надо было только подышать на них и приложить к вискам, и они усердно занимались своим делом — вынимали душу, как говорил Хайле. Но душу они, конечно, не вынимали. Только копировали. До сих пор неизвестно, зачем они это делают и что им, собственно, нужно. Но после возни с громоздкой и капризной аппаратурой того же назначения пластиночки показались просто подарком. И производство андроидов расцвело, как никогда. Никто и не ставил своей целью копировать



ФАНТАСТИКА

душу полностью, только набор необходимых рефлексов и реакций, и побоку всякие комплексы и синдромы: на это право имеют только настоящие люди, верно? А поганым роботам они ни к чему.

Вот об этом и была речь. Что Хайле будет не совсем Хайле, то есть совсем не Хайле, а как бы игрушка, похожая на него внешне (это достигалось элементарно) и способная развлекать меня. Дело еще вот в чем: на практике обнаружилось, что, вопреки фантастической литературе прошлого, человек не может устанавливать человеческие взаимоотношения с андроидом. Максимум — ну, вы сами понимаете... Что-то такое в них есть, что даже если ты не знаешь заранее, то всё равно чувствуешь, что перед тобой подделка под человека. Они настолько чужие, что, чем больше сходства, тем более отталкивающее впечатление они производят. А вот пользоваться ими во вполне определенных целях это не мешает. Этого, собственно, никто толком не понимает, что бы там ни писали психологи. Пока ты не пытаешься принять андроида за человека, все обстоит прекрасно. Но более того.

И вот он предлагал мне сделать такое вместо него.

Невозможно было даже представить. Но он вбил себе в голову, что это меня утешит. Пришлось потратить горову гору денег на то, чтобы добыть пластиночки (их не пускали в продажу, по крайней мере частным лицам), контейнер для пластиночек и прочее. Хайле все беспокоился, что записи могут испортиться или еще что-то. И мы покупали все новые и новые контейнеры с девственно чистыми меморианскими пластиночками, дышали на них и прикладывали к вискам Хайле, в конце концов казалось, что он всегда и был таким — с двумя слюдяными бликами на висках.

Еще мы перечитали тонны специальной литературы, посвященной этому вопросу. И авторов прошлого века: Брэдбери, Шекли, Саймака, Филипа Дика и других. Кларка, конечно, с его космонитами. У нас была постоянная тема для приколов:

- Когда я буду андроидом...
- Это будешь не ты.
- Совсем чуть-чуть не я.
- Неправда.
- Не спорь со мной.

У меня не поворачивался язык сказать это по-другому. Не то что это будешь не ты, а то, что тебя-то уже не будет. На самом деле. Ты умрешь по-настоящему. Может быть, я утешусь с этой куклой, муляжом (нет, не верю и не хочу). Но тебя не будет. Для тебя всё кончится с твоей смертью.

Повторю: у меня и в мыслях не было осуществлять его безумную затею. Но надо же его как-то успокоить. Он чувствовал себя последней скотиной из-за своего, как он это называл, предательства. «Я бросаю тебя и ухожу, и все горе останется тебе. А мне — только немного побояться. Ну, еще, конечно, умирать, но это кончится, и все, а для тебя тогда-то и начнется. Надо было тебе со мной связываться?»

Нет, он не был ангелочком. Он мог такое залепить... Но не об этом сейчас речь. О том, что он понимал: что я буду делать без него? С ним бы то же самое было, если бы нам поменяться местами, поэтому он все и понимал. Что тут понимать?

В общем, однажды он умер.

А пластиночки остались. Вы думаете, мне долго пришлось колебаться? Ни минуты. Просто невозможно жить, если Хайле нет. Так невозможно, что и думать нечего пытаться. Умереть? Может быть. Но если Хайле — вот он, пусть даже не весь, не настоящий, пусть даже... пусть все, что угодно, вот он, заключенный в маленькие черные контейнеры, и никто, кроме меня, не вызволит его оттуда?

Денег у нас, и правда, было много. Четырехмерные картины Хайле продавались очень прилично, и последнее время, пока мог, он работал, как одержимый. С двойной, так сказать, целью: сделать всё, на что уже никогда не будет времени, и обеспечить свое дальнейшее существование. «Где твоя логика? Или дальнейшее существование — или не будет времени. Что-нибудь одно». — «Ты ничего не понимаешь, — ответил он. — Вдруг рисовать я и не смогу?» Он сам тоже ничего не понимал. «Это будешь не ты». — «Совсем чуть-чуть не я». Где та мера?

У меня тоже было достаточно денег. Почти все они ушли на то, чтобы найти подходящую фирму, которая взялась бы за наш заказ. Тогда уже пошли слухи о грядущих запретах, слишком приближенные к человеку модели стали снимать с производства, а для частных лиц перестали изготавливать полнофункциональных андроидов, если вы понимаете, что я имею в виду. Спрос на них был большой: делай что хочешь, и никакой ответственности.

Но мы еще успели. Записей, сделанных нами, хватало с избытком. Поэтому неиспользованные пластиночки были схоронены в нашем саду под одним из живых деревьев. А остальные пошли в ход. Вот тут и вылезло: мне показалось невозможным наделять куклу памятью о болезни. Это было таким глубоко личным, только нашим, принадлежало только мне и настоящему Хайле. Мы пережили это вместе и никто больше не мог разделить с нами те страдания. Они теперь дороже всего. Поэтому все, что касалось болезни и смерти, было стерто.

А с другой стороны, мне не нравилось, что Хайле мог догадаться: он — не настоящий. Поэтому их инженерам пришлось потрудиться, а мне раскошелиться, но — вы не поверите! — у Хайле был даже пищеварительный тракт, правда очень примитивный, и пищу надо было предварительно сдабривать некоторыми ферментами. Но мы заранее придумали болезнь желудка. Зато в туалет он ходил по-настоящему. Ни один андроид этого не делал. Но ведь нельзя было, чтобы он понял, правда?

Так кем он все-таки должен был стать? Мне не хотелось делиться с ним нашей болью, но в то же время нельзя было допустить, чтобы он усомнился в том, что он и есть самый настоящий Хайле. «Кукла», — назывался он. «Хайле», — назывался он. Никакой логики.

Это был незарегистрированный андроид без номера и пситехнопаспорта. Мне привезли его в мебельной упаковке. Сначала показали его на складе готовой продукции и предложили, как они всегда поступают с незарегистрированными заказами, оживить его и доставить по адресу своим ходом (конечно, в сопровождении специалиста). Нет, нет и нет.

Тогда, еще не активированного, его привезли домой в мебельном ящике. По моей просьбе настроили на

медленную активацию, аналогичную пробуждению от сна. Еще раз показали аварийную кнопку и проинструктировали, как ей воспользоваться.

И оставили мне его, спящего на нашей постели. Надо было надеть на него пижаму (ту, которую он сам выбрал для этого) и уложить его так, как он обычно спит: почти на животе, но еще на боку, одно колено под себя, вторая нога вытянута, рука обнимает подушку, другая вольно брошена перед собой. Во время этого одевания и перекладывания он теплел под моими руками, между волос на лбу выступил слабый пот. В какой-то момент мне захотелось остановить все это. Надо было просто прижать маленький желвачок под кожей выше локтя. Эта кукла не имела права оживать, не имела права быть такой похожей на Хайле, не смела обманывать меня. Подтянуть рукав, нащупать пальцами уплотнение...

Этот... не знаю, кем он был для меня в ту минуту. Монстр Франкенштейна. Хуже. В общем, он дернулся, как от щекотки, приоткрыл туманные, сонные глаза и сварливо заявил:

— Тебе бы только одно. Может человек раз в жизни выспаться?

Кто спал до утра, кто и плакал. Правда. А утром мне стало наплевать на все, понимаете? На все.

Потому что это был Хайле. Умница, вредина, сексуальный маньяк, стервец каких мало — и потом потребовал кофе в постель, и конечно, сначала ему было слишком горячо, а потом сразу стало холодно, и сначала было не сладко, потом — «а всю сахарницу нельзя было высыпать?» Мы поругались. Двери грохали по всему дому, потому что этот тип таскался за мной хвостом и не давал остыть страстям, как он это любит и умеет: ты уходишь, а он тебе в спину, и остается рвануть дверь, рявкнуть в ответ и грохнуть ею из всех сил, иначе, не ровен час, достанется кому-то другому.

Но уже было ясно, что эту тварюгу ненаглядную я буду любить, холить и лелеять, чего бы это мне ни стоило.

Только за обедом он вдруг спросил:

— Ниэсс, а что было вчера?

— Как?

— Что было вчера? Я не помню.

— То же, что позавчера. То же, что сегодня.

Кое-как мы съехали с этой темы, не без новой порции уязвлений с его стороны. Все было по плану. Конечно, он не мог со временем не обратить внимания на некоторые странности, но у нас была подготовлена версия, к которой, ради вящей убедительности, надо было подходить постепенно. У него были небольшие размытости в памяти, но все списывалось на последствия автокатастрофы, в которой он якобы пострадал, отсюда же и болезнь желудка.

Вот так и пошло-поехало. Наш маленький дом-ностальжи из натурального дерева густо, медово наполнился счастьем. Оно было настолько в порядке вещей, что мы переставали его замечать. Словом, все было как раньше. Даже ругань — куда ж без нее? Наверно, мы нарочно время от времени устраивали себе эти гонки, нарочно и понарошку, чтобы на самом деле такого не было. На самом деле такого и не бывало. Поймите правильно, все выходило всерьез, до собирания вещей и, как уже упоминалось, хлопанья дверями (отдельным пунктом). Спустя какое-то время начиналось кружение по дому с неявной целью случайно встретиться, по-



## ФАНТАСТИКА

переглядываться, повздыхать — и с этого, как правило, начинался хэппи-энд.

Однажды он ворвался в мой кабинет с воплем:

— Что это, Ниэсс? Я сошел с ума?

В его руке трепыхался листок бумаги, исписанный его собственным — моего Хайле — почерком:

*Тебя моим ожогом жжет и бьет моим ознобом.  
Я умираю третий год, и мы устали оба.  
Я верил: проще и нежней мы станем на прощанье,  
бесценных предпоследних дней прозрачное звучанье  
не исказит ни окрик злой, ни раздраженный шепот.  
Двуручной ржавою пилой нам стал последний опыт.  
И наболевши чувства спят,  
как, нарыдавшись, — дети.  
Я говорил, что без тебя не стану жить на свете.  
И я тебя не обманул. Но смерти ожиданье  
я разделил одну вину — на два страданья.  
И скоро кончится одно с моим последним сроком.  
Тебя не обманул я, но — но предал ненароком.  
И вот, за то, что буду жив и виноват недолго,  
я стал капризен, зол и лжив, но, знаешь, — ненадолго.  
И будешь ты уже не мной когда-нибудь утешен.  
Но покидая путь земной, я снова стану нежен.  
И мы тогда не вспомним слов, но вместе мы заплачим.  
Поверь, что все еще любовь, и не иначе.*

— Что это, Ниэсс? Я не помню, откуда это. Я никогда не читал этого. Что это? Это же мой почерк, правда, Ниэсс?

Мне нечего было ответить. Но ответить необходимо. Спасла версия.

— Дружочек, мне не хотелось тебе говорить... Мы ехали в Тампу и так получилось... Автокатастрофа. Мне — ничего, но ты же сидел рядом, а место рядом с водителем — самое опасное, ты же знаешь... У тебя было сильное сотрясение.

Получилось.

Самое странное, что никакого раздвоения в моем отношении к нему не произошло. Он стоял с этим листком, написанным другим человеком, то есть, черт, просто человеком, настоящим Хайле — и в то же время он и был тем самым Хайле, который написал и спрятал в библиотеке эти стихи, зачем, уж не знаю. Мне как раз его и хотелось об этом спросить, того, кто стоял передо мной, хотя ясно было, что он этого знать не может.

Может быть, со временем он понял бы больше. Может быть, он понял бы все. Но пока обошлось. И мы жили, не заглядывая вперед, ни я, ни он, потому что нам было и так хорошо — здесь, то есть сейчас.

Тут грянул запрет. Конечно, все средства массовой информации только об этом и вопили. Одни раздували грязные истории о сексуальной эксплуатации моделей с высокоразвитой психикой — как у частных владельцев, так и в сети публичных домов, другие настаивали, что такое решение — и не решение вовсе, что, раз уж выпустили джинна из бутылки, надо же понимать, что обратно его не загонишь, и лучше запретить производство андроидов вообще (только высокоразвитых моделей / только примитивных моделей / дать высокоразвитым гражданские права / демонтировать всех к такой-то матери / производить только примитивные модели). Обо всем этом дискутировали и раньше. Но только теперь эти проблемы попали в поле зрения Хайле. Сначала он фыркал: не знают уже, чем заняться. Потом завяз. С удивлением обнаружил массу литературы по теме в библиотеке.

— Умеют некоторые собирать хлам! Когда и откуда это всё взялось?

В общем, мы по новой перечитали Брэдбери и Шекли, Саймака и Дика. И, конечно, Кларка с его космонитами. Там есть одна сцена. Главный герой с андроидом находятся в столовой, и для конспирации андроиду приходится сделать вид, что он ест. После андроид объясняет, что у него внутри есть такое приспособление, которое упаковывает абсолютно неповрежденную и стерильную пищу, и предлагает напарнику подкрепиться, если он голоден. Хайле скорчил такую рожу...

В общем, мы все это перечитали. Только теперь рядом со мной сидел тот самый андроид, оказавшийся вне закона. То еще чтение на такой случай, скажу я вам. И андроид не подозревает о том, что его непосредственно касаются все трагические ситуации, выдуманные сто лет назад, когда человечество только примеривалось к будущему: как оно станет справляться с жутким раздвоением. Андроид, который уверен в том, что он — человек. Самый настоящий счастливый человек. Такой же, как я.

За ним пришли около полудня. Он заканчивал свою новую картину: «Выброшенные бурей на неизвестный берег». Там были изображены мы. Он не мог ничего знать, но он был — Хайле, и он все чувствовал.

Представить себе только: сейчас ему скажут, что он — всего лишь подделка, робот, двойник, муляж возлюбленного. Заберут на демонтаж, повезут на склад, где сотни таких, как он. Не таких. Он — Хайле, мой живой Хайле, настоящий, любящий, уверенный в том, что он и есть единственный он.

Мне позволили сделать это. У меня давно был приготовлен подарок к его дню рождения — браслет из золотистых камешков с Пресьюсы. Он всегда любил блестящие цацки. Наверху, в его мастерской, его рука доверчиво протянулась ко мне, и он закрыл глаза. Но мне хотелось еще увидеть, в последний раз, эти серые, самые серые в мире...

— Хайле...

Он вытянул руку, любуясь камнями. Взять ласково, выше локтя, и чуть надавить, увидеть удивление в его самых серых в мире глазах — и прижать сильнее. Всё.

Три года спустя дверь со скрипом отворилась, впуская меня в мой — теперь уже только мой — дом-ностальжи из натурального дерева. Давно не топтаные половицы скрипели. Не знаю, зачем было жить. По инерции, на-

верно. Или затем, чтобы по полной оплакать теперь уже смерть. Да, под магнолией покоились контейнеры с пластиночками, но не было уже фирмы, которая взялась бы за наш заказ.

Дом остался за мной, и счета в банке, и акции «Спейс Транс» выросли значительно, но не было никого, кто решил бы произвести незарегистрированного андроида с расширенной памятью, высоким уровнем сознания и восприятия, полнофункционального и т. д. Всё. Теперь их место в космосе, на вредных для людей производствах, где изготавливали андроидов со специфическими характеристиками, повышенной резистентностью к неблагоприятным факторам, без комплексов и синдромов, а также без гражданских прав.

В доме всё заросло пылью и пустотой. Наверху под крышей перебегали легкие шорохи. Мыши. Ну, пусты. Что с того? Какая разница? Натуральные мыши в доме из натурального дерева. Мне нечего было делать в спальне, кабинете, библиотеке и его мастерской. Там еще стоял мольберт с «Выброшенными бурей», где мы лежали на черном песке неведомого берега, опутанные багровыми водорослями, едва дотягиваясь друг до друга, едва касаясь кончиками пальцев. Еще вдвоем.

На кухне автомат соорудил мне ужин без затей — линия доставки продуктов активизировалась автоматически, как только закончился срок гражданской изоляции. Даже виски — вот этого удовольствия мне не перепадало в течение трех лет.

С полным стаканом в руке сидеть при свете вечерящего окна и камина, в котором над имитацией дров пляшет невзаправдашнее пламя.

Это был наш дом. Он всегда был только наш, мы выбрали проект и купили его вместе, еще до той истории, до болезни. Хайле нарисовал цветущий магнолиевый сад, и точно такой мы устроили на нашем участке, и даже несколько деревьев были подлинные и цвели на две недели раньше остальных, мы специально так заказали. Мы дожидались цветения настоящих магнолий и устраивали праздник на двоих под белыми звездами восковых, фарфоровых цветов.

А теперь этот дом был мой.

По-настоящему меня все эти годы утешало только одно: на этот раз он не заметил, как умер. Хорошо. Думаю, первого раза ему хватило с лихвой.

Дождь наконец собрался, широкие листья магнолий задрожали, покрылись лаковым блеском, с них скатывались струи и били в подоконник (специальный заказ, в отличие от нынешних, он не поглощал стук капель, наоборот, делал их звонче), и в желтые плиты дорожки (дорога, мощеная желтым кирпичом, волшебник страны Оз). Потом он утих, в тучах немного поворчало, но гроза не решилась.

Все стихло. Даже на чердаке (у нас в доме был настоящий чердак) перестали возиться. Темнело.

Смутное движение между ветвей и сумрак застали врасплох. Как привидение — темная напряженная фигура и белое лицо с закусенными губами. Дважды умерший, не имеющий права жить. Виски колом встало в горле, стакан выпал из пальцев и покатился по ковру, руки рванулись к раме. Это был он. Все равно который, мертвый или живой, настоящий или подделка. Не может быть подделки Хайле.

Рама со скрежетом оторвалась, визжа взлетела, сырость наполнила легкие, пряная сырость заброшенного сада. Теперь стало видно, что одежда на нем мокрая насекомый. Неизвестно, сколько времени он уже стоял здесь.

— Простудишился!  
— Я?

Мы сидели на полу у камина, старая моя куртка, еще с наших походов в горы, укутывала его плечи, на голых коленях вздрогивали блики.

— Не верю.

— Как хочешь.

Он был готов уйти сию минуту. Не на чердак, где провел почти три года, дожидаясь меня, а куда угодно: в пустыню, добровольно сдаться властям или что там еще.

Так его и отпустили.

— Как же ты все это время?

— Никак.

— На чердаке?

— И в библиотеке. Мне там самое место.

— Но ты же не мог пользоваться доставкой. Что ты ел?

— А зачем мне? У меня ведь солнечные элементы.

— Да, правда.

— Кто я?

— Мне все равно.

— Я не Хайле.

— А кто же ты еще?

Ему было очень страшно, когда он очнулся на складе, среди сотен таких же, ожидающих демонтажа инактивированных андроидов, объявленных вне закона. Сначала он надеялся вот-вот проснуться, потом решил, что сошел с ума. Потом понял. Недаром мы читали Брэдбери и Шекли, Саймака и Филипа Дика. И Кларка с его космонитами. И те стихи:

*И будешь ты уже не мной когда-нибудь...*

Просто был допущен совсем маленький, совершенно незначительный брак. Та самая кнопка. Она не сработала до конца. Он отключился на несколько часов. Очень редко, но так бывает. Один раз на миллиард, что ли. По крайней мере, такова вероятность. Меня предупреждали. Об этом всегда предупреждают, но никто не обращает внимания, естественно. Но вот как ему удалось выбраться?

— Дружочек...  
— Хочешь, уйду.  
— Дурак.

Он завозился, вылезая из куртки.

— Прости. Ты умница. Плевать мне на полицию, законы и все что там ни на есть. Никто ведь теперь и не узнает? Тебе придется прятаться.

— Если ты боишься...  
— Я не боюсь. Я боюсь только потерять тебя.  
— Кого меня?  
— Тебя.

Тут мне пришло в голову...

— Хайле! Ты ведь не хотел возвращаться, когда все понял?

— Все — что?  
— Ну, все про себя.



## ФАНТАСТИКА

— Скажи это как есть: понял, что я — робот. Ну, скажи. Слабо?

— Перестань.

— Слушаюсь.

— Прекрати! Если уж ты вернулся, значит, все уже сам решил. Зачем изводить меня и себя?

— Ничего я не решил. Просто мне некуда больше было идти.

— Да. Конечно.

— Если бы сразу — не пришел бы сюда. А потом я сообразил, что тебя должны были упечь на эту... изоляцию. Ох, и свинья же я! Как ты-то?

— Да что мне сделается? Потом. Говори о себе.

— Ну я и пришел сюда. Перечитал тут все про это. Понял, что года три как минимум спокойной жизни мне обеспечено. Думал, потом смоюсь. Но я с самого начала знал, что... Господи, да кто же я? Ниэсс, я не могу уйти, я не могу без тебя. Я же... люблю. Меня же так и сделали.

— Никто этого не делал. Понял? Тебе только сделали новые руки, ноги и глаза и все остальное, а это, вот это самое, любовь и душа, — это все твое.

Конечно, не сразу. Не сегодня и, может быть, еще не за этот год. Но я верю, я знаю, что смогу убедить его, заставить поверить, просто потому, что это и есть чистая правда — то, что он, вот именно он, кто бы он ни был — а он ведь Хайле и никто другой, — он единственный, кто мне нужен в мире, пусть даже только в книгах бывает, чтобы человек любил андроида. А у нас будет — любовь.

И не иначе.





#### КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

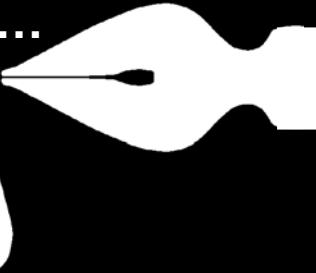
### Не выкладывай лишнего

Сохранить тайну в эру информационных технологий непросто. Например, работает человек за компьютером, подключенным к Сети, а в этом компьютере живет робот-вирус, который через веб-камеру передает своему хозяину изображение всего того, что происходит в комнате (сообщение компании «Dr.Web» от 13 февраля 2012 года). Или вот другой сюжет: размещает человек фотографии на каком-нибудь файлообменнике, чтобы поделиться с друзьями радостью от путешествия или впечатлениями от романтической прогулки по столице в предвыборную пору, а злобный компьютерный робот, запущенный спецслужбами, возьмет да и выяснит, с кем человек вместе гулял и какие его дела остались за кадром. Фотографии, выложенные в Сети, могут много лишнего порассказать и о фотографе, и о тех, кто в кадре. О еще одной возможности рассуждает англичанка Джоан Кузма из Ворчестерского университета («International Journal of Electronic Security and Digital Forensics», 2012, т. 4, с. 54). Она проанализировала детские фотографии, выложенные на крупнейшем фотографическом сайте [www.flickr.com](http://www.flickr.com), и убедилась, что во многих из них есть информация о том, где эти фотографии сняты. Соответственно злоумышленнику не представляет труда выяснить, где проживает тот или иной ребенок, особенно если речь идет о богатом квартале, а уж как можно это использовать, догадаться нетрудно. Самое интересное, что автор фотографии может и не знать о том, что в выложенном файле такая информация имеется.

Дело в том, что многие цифровые устройства оснащены датчиком навигации, ориентирующимся на спутник либо на станции сотовой связи. Они помешают в соответствующий информационный раздел файла сведения о том, где и когда был снят этот кадр. И такую удобную подсказку слишком умное устройство записывает без ведома владельца. Ну а придумать робота, который станет перебирать фотографии, выложенные в общедоступные архивы, и искать снимки, которые сделаны в определенном месте, совсем несложно. В общем, как считает автор исследования, выкладывая фотографии в Сеть, нужно иметь в виду, что ты выкладываешь не только изображение и помнить о том, что цифровые устройства обладают многими специфическими функциями, которые могут быть неизвестны простодушному пользователю, зато хорошо знакомы узкому кругу специалистов.

С.Анофелес

### Пишут, что...



...результаты статистического анализа банка данных Национального бюро по безопасности на транспорте США свидетельствуют, что факторы космической погоды не влияют на авиационные происшествия, которые происходят главным образом на высотах тропосферы («Геомагнетизм и аэрономия», 2012, т. 52, № 1, с.135—140)...

...осмотр астронавтов NASA показал, что длительное пребывание в космосе может быть вредно для зрения («Radiology», онлайн-публикация 13 марта 2012, doi:10.1148/radiol.12111986)...

...потепление сопровождается изменением распределения осадков: в засушливых регионах их количество уменьшается, в избыточно влажных — увеличивается, возрастают интенсивность особенно сильных дождей, частота и мощность тропических ураганов, но годовые суммы осадков меняются не столь значительно («Известия РАН, Физика атмосферы и океана», 2012, т. 48, № 1, с. 37—44)...

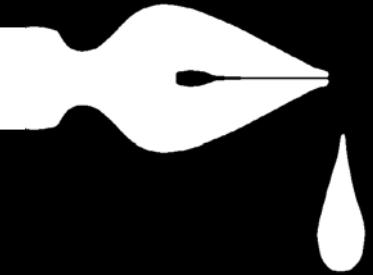
...вертикальная зональность в распределении углеводородных залежей, то есть преобладание на небольших глубинах утяжеленной нефти, а на глубинах 6 км и более — газоконденсатов и газов, обусловлена природным крекингом нефти («Доклады Академии наук», 2012, т. 442, № 6, с. 805—809)...

...возможно, присущими нам чертами характера и особенностями поведения мы обязаны «прыгающим генам» — сегментам ДНК, которые копируются и встраиваются в новые места генома, меняя активность «полнометражных» генов; эта их деятельность наиболее заметна в мозге («Scientific American», 2012, т. 306, № 3, с. 2025)...

...у человеческого черепа возрастом около 11 500 лет, найденного в Оленьей пещере на юге Китая еще в 1979 году, обнаружены уникальные архаичные особенности («New Scientist», 2012, № 2856, с. 4 и doi:10.1371/journal.pone.0031918)...

...российские ученые регенерировали растение *Silene stenophylla* возрастом 30 000 лет, плоды которого сохранялись в вечной мерзлоте Сибири («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2012, т. 109, № 10, с. 4008—4013, doi:10.1073/pnas.1118386109)...

# Пишут, что...



...остатки асцидий, обнаруженные в позднепротерозойских мелководноморских отложениях северного побережья Онежского полуострова, возможно, являются самыми древними, им около 555 млн. лет («Палеонтологический журнал», 2012, № 1, с. 3—14)...

...растения-гипераккумуляторы, в частности одуванчик лекарственный, эффективнее очищают почву от тяжелых металлов в присутствии борной кислоты, от концентрации которой зависит и набор выводимых вредных веществ («Экология», 2012, № 1, с. 32—35)...

...возникающие естественным путем мутации гена *glc-1* нематод *Caenorhabditis elegans* сообщают им устойчивость к бактериальному токсину авермектину («Science», 2012, т. 335, № 6068, с. 574—578)...

...новый представитель железоокисляющих бактерий выделен из железистого осадка солоноводного низкотемпературного источника курорта Старая Русса в Новгородской области («Микробиология», 2012, т. 81, № 1, с. 64—71)...

...журнал «Nature» посвятил несколько материалов ситуации с наукой в России после нынешних президентских выборов («Nature», 2012, т. 483, № 7389, с. 245, 253—254)...

...россияне в возрасте 18—45 лет, опрошенные в 1995 году, оценивали «осмысленность бытия» при Хрущеве, Брежневе, Андропове и Черненко отрицательными величинами, а в аналогичном опросе 2010 года — положительными («Вестник РАН», 2012, т. 82, № 2, с. 124—130)...

...отходы буровых работ, содержащие около 40%  $\text{SiO}_2$ , 8%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 15%  $\text{CaCO}_3$ , 27%  $\text{H}_2\text{O}$ , а также хлориды, сульфаты и фосфаты, можно применять в качестве антигололедных препаратов («Экология и промышленность России», 2012, № 2, с. 47—51)...

...в начале XX века запись на пластинки фирмы «Пате» делали по особой технологии, с тем, чтобы их можно было прослушивать только на патефонах, а не на обычных граммофонах («Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права», 2012, № 3, с. 30—36)...

...в Московской области одичавшие собаки выгоняют лис из нор и занимают их, чтобы вывести потомство («Аграрная наука», 2012, № 2, с. 23—25)...

Художник Н. Колпакова



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Счастливая трезвость

Как отмечают учителя, перейдя в пятый класс, ребенок начинает чувствовать себя практически взрослым, что неизбежно сказывается на его поведении, причем зачастую не лучшим образом. Он может начать выпивать и курить, да еще и потреблять всякую малосъедобную пищу вроде чипсов, запивая их сладкой газировкой, вместо взятого из дома яблока. Согласно британской статистике, лишь 8% 10—12-летних учеников отвечают, что в прошедший месяц они пробовали алкогольные напитки и 2% — что курили, а среди 13—15-летних — 41 и 20% соответственно. Однако чувствуют ли эти дети себя счастливыми? Поиск ответа на этот вопрос проходил в рамках долгосрочного проекта «Понимая общество», осуществляемого британским Исследовательским советом по экономике и социологии (Агентство «AlphaGalileo», 2 марта 2012 года). Он охватывает более 40 тысяч британских семей.

Результаты опроса, в котором участвовало пять тысяч подростков, впечатляют: те из них, кто ни разу не употреблял алкоголь, в 4—6 раз чаще испытывают ощущение наивысшего счастья, нежели их пьющие ровесники. Некурящие в пять раз счастливее курящих. Попутно выяснилось, что высокое потребление овощей и фруктов в противовес чипсам и газировке, а равно и занятия спортом также повышают уровень счастья.

Различие столь велико, что возникает искушение объяснить его просто принадлежностью детей с хорошими и дурными привычками к разным социальным слоям. Ан нет. Британские исследователи обратили внимание на этот фактор и доказали, что обнаруженный эффект не зависит ни от пола ребенка, ни от уровня образования и материального достатка семьи.

А.Мотыляев

# Химики, физхимики и один математик



В.В.МАКАРОВУ, электронная почта: *Огнезащитная силикатная краска в качестве огнестойкого наполнителя может содержать молотый вермикулит, перлит, тальк, волокна асбеста.*

Б.С.КАШИНСКОМУ, Астрахань: *В состав пасты для травления стекла необязательно должна входить плавиковая кислота, коль скоро в ней есть фториды.*

И.Л.БОГОМОЛОВУ, Севастополь: *Графт — то же, что трансплантат, иногда уточняется: «пересаживаемый без собственной системы кровоснабжения», например участок кожи или кости, крупный сосуд, но не целая почка.*

А.И.ГЕЙНС, Ижевск: *Специальные клеи для закрепления украшений на свечах существуют, но в основном импортные; для небольших предметов есть элементарный способ: разогрейте поверхность свечки, например, с помощью горячей ложки, и посадите украшения на расплавленный парафин.*

М.В.АЛАШЕЕВОЙ, Брянск: *Надпись на эфирном масле «корица настоящая» не означает, что бывает и поддельная; Синнатотит *vergit*, или коричник настоящий, — ботаническое название вида; возможно, ее так назвали в отличие от кассии, коричника китайского Синнатотит *aromaticum*.*

М.С., Санкт-Петербург: *Сатор (сато), употребляемые в индонезийской кухне, — это бобы *Parkia speciosa*, они же горькие или вонючие бобы; говорят, что специфический аромат улетучивается при термообработке, но не полностью.*

Т.И.МЕЛЬНИКОВОЙ, Москва: *Запах, въевшийся в линолеум, исчезнет быстрее, если накрыть этот участок пола тряпкой, пропитанной раствором моющего средства.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Мы обновили наш сайт [www.hij.ru](http://www.hij.ru) и приглашаем всех любителей «Химии и жизни» посетить его; будем рады конструктивным предложениям по дальнейшей модернизации.*

**М**инерал **звягинцевит**  $Pd_3Pb$  открыли в 1966 году сотрудники Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН А.Д.Генкин, И.В.Муравьева и Н.В.Тронева. Они назвали его в честь Ореста Евгеньевича Звягинцева (1894—1967), известного специалиста в области геохимии и химии платиновых и благородных металлов.

Итальянский химик Станислао Канниццаро (1836—1910) вошел в историю науки как один из основателей атомно-молекулярной теории, убедивший в ее правильности многих ученых на I Международном конгрессе химиков в Карлсруэ в 1850 году. В честь Канниццаро назван открытый в 1924 году **канницарат** (англ. cannizzarite, в русском названии одну букву сэкономили)  $Pb_4Bi_6S_{13}$ .

Минерал **келдышит** примерного состава  $Na_2ZrSi_2O_7$ , найденный в 1958 году в Ловозере известным петрологом Василием Ивановичем Герасимовским (1911—1979), назван в честь Мстислава Всеволодовича Келдыша (1911—1978), математика, президента Академии наук в 1961—1975 годы.

Константа распространенности химического элемента в земной коре, литосфере и атмосфере называется кларком — по имени американского геохимика Франка Уиглсуорта Кларка (1847—1931), впервые определившего средний химический состав земной коры. В его же честь назван минерал **кларкейт**  $(Na,Ca,Pb)(UO_2)O(OH) \cdot nH_2O$ .

Шведский химик Карл Густав Мосандер (1797—1858) прославился открытием трех редкоземельных элементов — лантана, эрбия и тербия. Неудивительно, что в его честь назвали минерал **мозандрит**  $(Na,Ca,Ce)_3TiSi_2O_7(F(OH),O)_2$ , также содержащий редкоземельный элемент церий (и букву «з», заместившую «с», см. «Химию и жизнь», 2012, № 1).

Целая россыпь минералов носит имена ученых, развивших учение о радиоактивности. Это прежде всего **беккерелит**  $Ca(UO_2)_6O_4(OH)_6 \cdot 8H_2O$ , открытый в 1922 году в Конго (ныне Заир) и названный в честь французского физика Антуана Анри Беккереля (1852—1908), лауреата Нобелевской премии по физике, который обнаружил в 1896 году новое явление — радиоактивность. Совместно с Беккерелем Нобелевскую премию получили Пьер Кюри (1859—1906) и Мария Склодовская-Кюри (1867—1934). В их честь был назван открытый в 1921 году минерал **кюрит**  $Pb_{3+x}(H_2O)_2[(UO_2)_{4+x}(OH)_{3-x}]_2$  (где  $x \approx 0,5$ ). Девичья фамилия Марии — в названиях **склодовскита**  $(H_3O)_2Mg(UO_2)_2(SiO_4)_2 \cdot 4H_2O$  и **купросклодовскита**  $Cu[(UO_2)(SiO_2OH)]_2 \cdot 6H_2O$ . Дочь Пьера и Марии Кюри Ирен Жолио-Кюри (1897—1956) и ее муж Фредерик Жолио-Кюри (1900—1958) в 1935 году стали лауреатами Нобелевской премии по химии. В их честь найденный в 1976 году водный уранилкарбонат  $(UO_2CO_3 \cdot pH_2O$ , где  $p \approx 2$ ) назвали **жолиотитом**. Список продолжает безводный уранилкарбонат  $UO_2CO_3$ , или **рёзерфордин**. Эрнест Резерфорд (1871—1937), один из самых выдающихся английских ученых XX века, за свои исследования радиоактивных превращений в 1908 году получил Нобелевскую премию по химии. В 1922 году нобелевским лауреатом стал Фредерик Содди (1877—1956), совместно с Резерфордом предложивший теорию радиоактивного распада. В его честь был назван минерал **соддит**  $(UO_2)_2SiO_4 \cdot 2H_2O$ . Все эти семь минералов содержат уран и потому радиоактивны.

С кюритом не следует путать минерал **кюрьенит**  $Pb(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 5H_2O$ , который был открыт в 1968 году. Выдающийся французский ученый Юбер Кюрьен (1924—2005) был руководителем Национального центра космических исследований Франции и Европейского космического агентства, председателем Французского минералогического общес-



Кюрорит



Рёзерфордин



Курнаковит



Мозандрит



Лабунцовит



## ИМЕНА МИНЕРАЛОВ

ства и Французского кристаллографического общества, руководил отбором первых французских космонавтов для полета в 1982 году на советской орбитальной станции «Салют-7». И все же связь с фамилией Кюри тут есть, хотя и отдаленная: Кюрье́н был профессором материаловедения в одном из научных учреждений Сорбонны — Университете Пьера и Марии Кюри.

Интересны и другие «семейные» минералы. Так, много лет в Минералогическом музее имени А.Е.Ферсмана работал геолог-разведчик Борис Михайлович Куплетский (1984—1964), жена которого Эльза Максимовна Бонштедт-Куплетская (1897—1974) тоже была геологом. В их честь назван **куплетсит**  $K_2Na(Mn,Fe^{II})_7(Ti,Nb)_2Si_8O_{26}(OH)_4F$ , а по девичьей фамилии Эльзы Максимовны — **бонштедтит**  $Na_3Fe(PO_4)(CO_3)$ . Оба минерала были найдены в Ловозерском массиве на Кольском полуострове. Еще одна «семейная» пара — **лабунцовит**  $Na_4K_4(Ba,K)(Mn,Fe)_{1+x}(Ti,Nb)_8[Si_4O_{12}]_4(O,OH)_8 \cdot nH_2O$ , где  $n = 10—12$ , и **костылевит**  $K_2ZrSi_3O_9 \cdot H_2O$  — названа в

честь минералогов Александра Николаевича Лабунцова (1844—1963) и его жены Екатерины Евтихиевны Костылевой-Лабунцовой (1894—1974).

Александр Петрович Карпинский (1846—1936) — первый выборный академик Российской академии наук, президент Минералогического общества России. Его имя носят Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, научно-исследовательское судно, вулкан и хребет на Курилах, гора на Урале, кратер на Луне. С 1946 года Академия наук присуждает премию и золотую медаль имени А.П.Карпинского за выдающиеся работы в области геологии. Когда в 1956 году сотрудница ИГЕМ И.А.Рукавишникова открыла новый минерал состава  $(Mg,Ni)_2Si_2O_5(OH)_2$ , его назвали **карпинскимитом**.

Шведский химик и минералог Аксель Фредрик Кронстедт (1722—1765) известен тем, что открыл новый химический элемент — никель и получил его в виде металла. В его честь был назван **кронстедтит**  $Fe^{II}_2Fe^{III}(SiFe^{III})O_5(OH)_4$ .

Минерал **курнаковит**  $MgB_3O_3(OH)_5 \cdot 5H_2O$  был найден в 1940 году в Казахстане. Имя выдающегося физикохимика, создателя физико-химического анализа академика Николая Семеновича Курнакова (1860—1941) носит также Институт общей и неорганической химии РАН (ИОНХ).

В честь академика Игоря Васильевича Курчатова (1903—1960) был назван найденный в 1966 году в Забайкалье **курчатовит**  $Ca(Mg,Mn)B_2O_5$ . А в честь академика и лауреата Нобелевской премии Льва Давидовича Ландау (1908—1968) — **ландауит**  $(Na,Pb)(Mn,Y)(Zn,Fe)_2(Ti,Fe^{III},Nb)_{18}(O,OH,F)O_{38}$ , такой же сложный, каким был характер знаменитого физика.

Немецкий физик-теоретик Макс Теодор Феликс фон Лауэ (1879—1960) в 1914 году получил Нобелевскую премию по физике за открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Это открытие стало основой изучения кристаллической структуры всех минералов. В честь Лауэ был назван минерал **лауенит**  $MnFe^{III}_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 8H_2O$ .

**И.А.Леенсон**



# 4-я выставка «Международная химическая ассамблея. Зеленая химия»

**23–26 октября 2012**

Организатор: ЦВК «Экспоцентр»

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



**Индустрия  
пластмасс  
2012**

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



**ХИММАШ.  
НАСОСЫ  
2012**

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



**ХИМ-ЛАБ-  
АНАЛИТ  
2012**

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

Организатор:

**ЭКСПОЦЕНТР**  
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ  
МОСКВА

123100, Россия, Москва,  
Краснопресненская наб., 14  
E-mail: [chemica@expocentr.ru](mailto:chemica@expocentr.ru)  
[www.expocentr.ru](http://www.expocentr.ru),  
 [экспоцентр.рф](http:// экспоцентр.рф)

