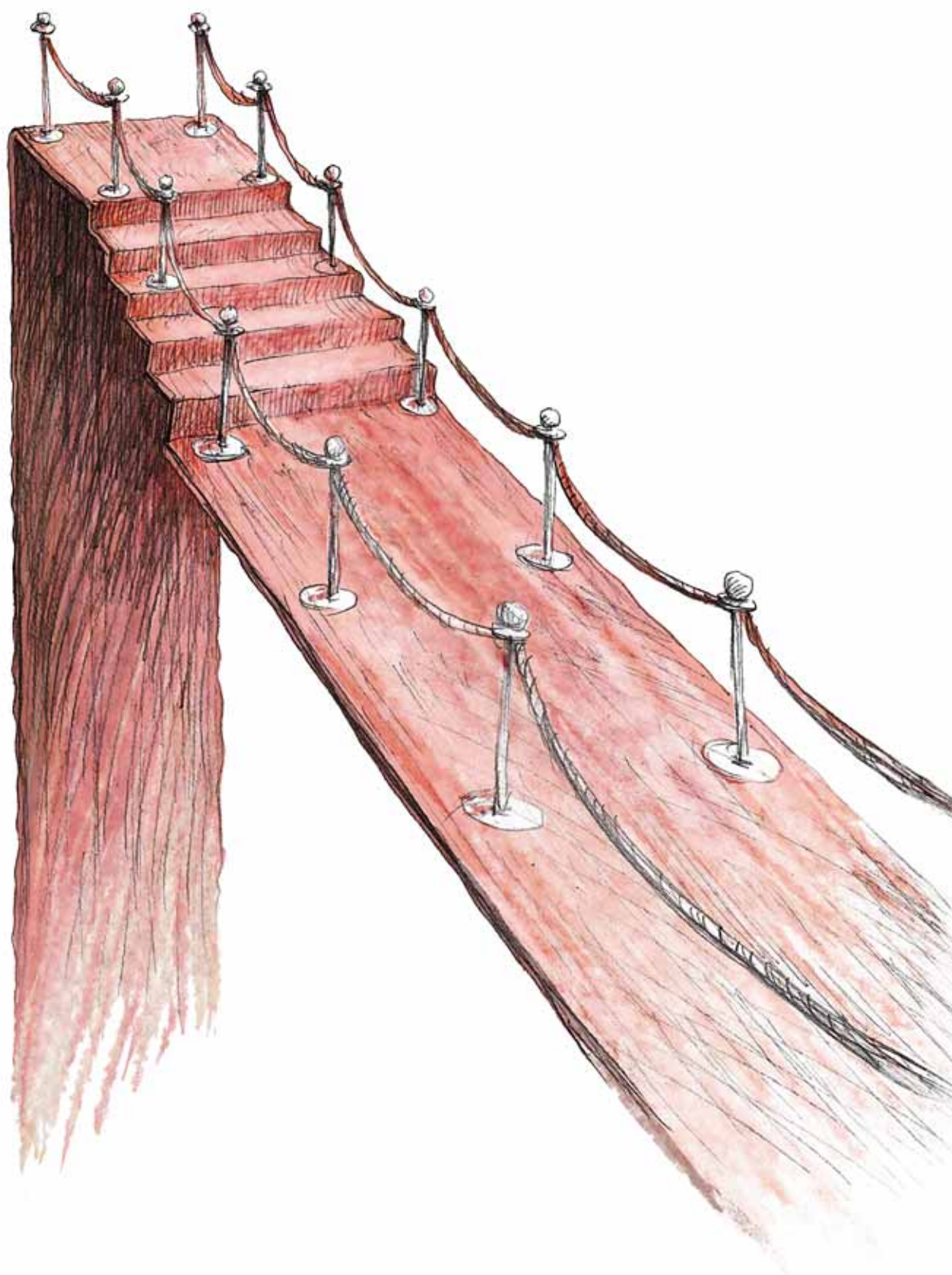




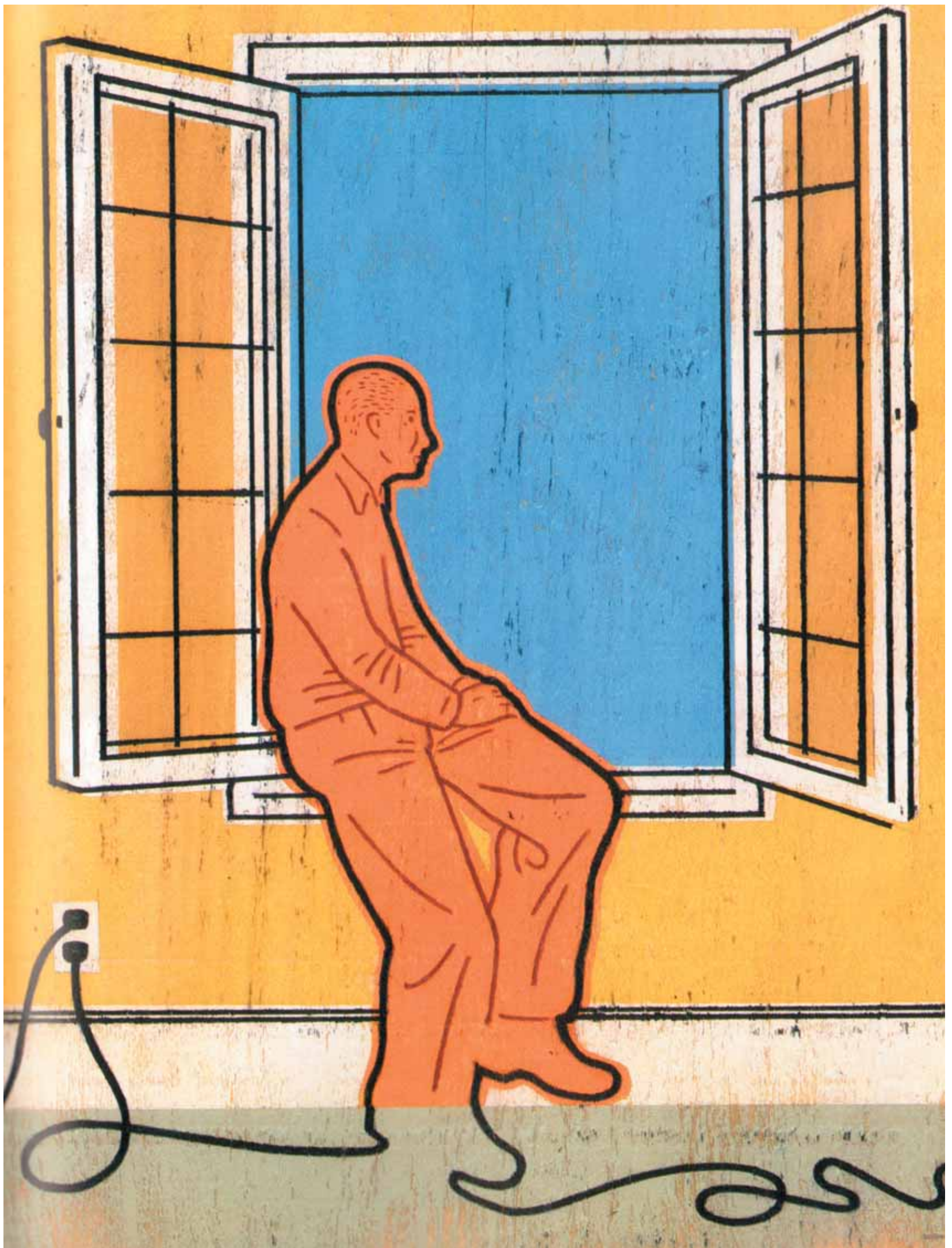
К

9  
2010

ВНЗМЖ И ВМШМХ









НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

**Редакторы и обозреватели**

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

**Технические рисунки**

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 3.06.2010

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

**Телефон для справок:**

8 (499) 978-87-63

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

Ищите нас в Интернете по адресам:

<http://www.hij.ru>;

<http://www.informnauka.ru>

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Дэна Пейджса. Желание  
человека не зависит от внешнего  
мира иногда приводит к дефициту  
крайне необходимых веществ  
в его организме. Читайте об этом  
в статье «Витамины — круглый год».

Сражение  
за право читать  
идет уже сегодня.

Ричард Столлман.

# Содержание

## Роснаука

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| АТОМНО-СИЛОВОЙ ПОРТРЕТ ДНК ..... | 2 |
| ШИНЫ ИЗ КУКУРУЗЫ .....           | 2 |
| ТРАВЕ ПО ПОЯС .....              | 3 |

## Научный комментатор

|   |   |
|---|---|
| НЕАНДЕРТАЛЬЦЫ В НАШИХ ГЕНАХ. Е.Клещенко ..... | 4 |
|---|---|

## Проблемы и методы науки

|   |   |
|---|---|
| РЕВОЛЮЦИЯ В СИСТЕМАТИКЕ. С.В.Багоцкий ..... | 8 |
|---|---|

## Мифы нашего времени

|  |    |
|--|----|
| К ВОПРОСУ О ДЕФИЦИТЕ ВОДЫ НА ПЛАНЕТЕ. Н.И.Алексеевский ..... | 12 |
|--|----|

## Почему бы и нет

|  |    |
|--|----|
| ЗАПРАВИМСЯ ГЕКСАНОМ, ПОЕДЕМ НА ВОДОРОДЕ. А.А.Биршерт ..... | 16 |
|--|----|

## Из писем в редакцию

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| БУЛАТНЫЕ МИФЫ. Р.Кунафин ..... | 18 |
|--------------------------------|----|

## Архив

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| О БУЛАТАХ. П.П.Аносов ..... | 19 |
|-----------------------------|----|

## Гипотезы

|  |    |
|--|----|
| СТАЛЬ? ЧУГУН? БУЛАТ. С.М.Комаров ..... | 23 |
|--|----|

## Вещи и вещества

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| БЕНЗО-МЁБИУСЫ. М.Ю.Корнилов ..... | 25 |
|-----------------------------------|----|

## Земля и ее обитатели

|  |    |
|--|----|
| ПОХОДКА СЛОНОВ И ЛЮДЕЙ. Н.Л.Резник ..... | 28 |
|--|----|

## Расследование

|   |    |
|---|----|
| ВИТАМИНЫ — КРУГЛЫЙ ГОД. В.М.Коденцова ..... | 34 |
|---|----|

## История современности

|   |    |
|---|----|
| УПС И ДЕТЕКТОР ОШИБОК. С.В.Медведев. .... | 36 |
|---|----|

## Книги

|   |    |
|---|----|
| СОВРЕМЕННАЯ ИСТОРИЯ СОТВОРЕНИЯ МИРА. А.Виленкин ..... | 40 |
|---|----|

## Наша книжная полка

|   |    |
|---|----|
| СМОТРЕТЬ «ДОКТОРА ХАУСА» СТАНЕТ ЛЕГЧЕ. Е.Лясота ..... | 46 |
|---|----|

## Страницы истории

|  |    |
|--|----|
| ГОРОД И ЕГО УНИВЕРСИТЕТЫ. М.В.Кожевников ..... | 48 |
|--|----|

## Расследование

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| ЙЦУКЕН И QWERTY. И.А.Леенсон ..... | 52 |
|------------------------------------|----|

## Фантастика

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| СВЕТ КРОМЕШНЫЙ. Алексей Ерошин ..... | 56 |
|--------------------------------------|----|

## Что мы едим

|                      |    |
|----------------------|----|
| ЛУК. Н.Ручкина ..... | 60 |
|----------------------|----|

## Материалы нашего мира

|   |    |
|---|----|
| ОРЕШКОВЫЕ, АНИЛИНОВЫЕ, НЕВИДИМЫЕ.... М.Демина ..... | 64 |
|---|----|

|                           |        |                  |    |
|---------------------------|--------|------------------|----|
| ИНФОРМАЦИЯ                | 55, 59 | КНИГИ            | 54 |
| В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ | 10     | КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ | 62 |
| ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ           | 27     | ПИШУТ, ЧТО...    | 62 |
| ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ          | 32     | ПЕРЕПИСКА        | 64 |



# Роснаука



## АТОМНО-СИЛОВОЙ ПОРТРЕТ ДНК

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) уже стала рутинным инструментом изучения клеток, вирусных частиц, одиночных белковых молекул и ДНК. Ее используют для исследования структуры молекул нуклеиновых кислот и их комплексов с белками, для физического картирования ДНК, наблюдения вторичных и третичных структур одноцепочечной ДНК. Однако здесь есть серьезная проблема: стандартные АСМ-зонды не позволяют получить должного разрешения.

Самое узкое место здесь — острота зонда, то есть иглы, которой сканируют поверхность объекта и получают его изображение. У стандартных кремниевых зондов радиус закругления острия составляет около 5–10 нм, а ширина ДНК, определенная кристаллографическими методами, — около 2 нм.

Еще одна проблема — качество подложки. Молекула биополимера должна быть зафиксирована на поверхности подложки, но поверхностные силы, возникающие при адсорбции, могут разрушать структуру молекулы. Поэтому чтобы получать воспроизводимые результаты, необходимо подобрать подложку с минимальными поверхностными силами.

Исследователи из Института биоорганической химии имени М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН (Москва) успешно решили обе проблемы, о чем и сообщается в журнале «Биохимия» (2009, том 74, вып. 10).

Поначалу исследователи пытались наращивать или приклеивать углеродные нанотрубки на острие зонда, но затем отказались от этой идеи: сложно контролировать длину нанотрубок, прикрепленных к острию зонда, да и хорошо воспроизводимые результаты не получаются. Кстати, у самых острых зондов с углеродными нанотрубками радиус кривизны составляет 4 нм. Гораздо более продуктивной оказалась идея выращивать на зонде алмазоподобные иголки из углерода (в условиях низкотемпературной плазмы, в атмосфере метана, аргона и паров воды при давлении в реакторе 0,1 Торр). Изображения таких сверхострых зондов, полученные на электронном микроскопе JEOL 100СХ, подтвердили, что радиус закругления острия — около 1 нм.

Была решена и проблема с подложкой. Первоначально молекулы ДНК находятся в водном растворе, но для дальнейшего исследования они должны быть закреплены в высушенном виде на поверхности подложки. А здесь их поджидают поверхностные силы, возникающие при адсорбции и высушивании, которые могут изменить структуру молекул ДНК. Исследователи выяснили, что, изменяя степень гидрофильности поверхности, можно уменьшать неблагоприятное влияние поверхностных сил. В качестве подложки исследователи использовали высокоориентированный пиролитический графит (ВОПГ), обладающий слоистой структурой и дающий атомарно ровный слой при скалывании. Для сравнения брали традиционную подложку из слюды.

Графит гидрофобен и потому не может адсорбировать ДНК. Авторы исследования обработали поверхность графита с помощью коммерчески доступного модификатора — «GM» (<http://www.nanotuning.com>). Это водный раствор полимеров, имеющих гидрофильную (аминогруппы) и гидрофобную (углеводную) части. Он формирует пленку толщиной 0,5–0,7 нм за счет взаимодействия гидрофобных участков полимеров с поверхностью графита, тогда как гидрофильные участки остаются ориентированными в сторону водного раствора. За счет аминогрупп поверхность приобретает положительный заряд, благоприятствующий адсорбции молекул ДНК. На такой модифицированной поверхности структура адсорбированных молекул искажается значительно меньше.

Это подтверждают измерения в АСМ. Средняя измеренная высота молекул, нанесенных на слюду, — 0,4–0,6 нм, на модифицированном графите — 1,2 нм, что ближе к размерам ДНК. То же самое касается и ширины ДНК: для молекул, адсорбированных на графите, она меньше (при большей высоте), чем ширина молекул, адсорбированных на слюде. Получается, что молекулы ДНК меньше распластываются на графите, значит, можно говорить о меньшем нарушении вторичной структуры ДНК. А вот на слюде ДНК более распластана.

Итак, при использовании зонда высокого разрешения молекулы ДНК, адсорбированные на графите, выглядят не гладкими, становится видимой тонкая

структура, которая проявляется в виде неоднородности вдоль молекулы. Это дает возможность наблюдать отдельные полностью расплавленные одноцепочечные молекулы. Авторы исследования получили изображения одноцепочечных молекул с отдельными двухцепочечными участками, сформированными за счет гибридизации внутренних участков молекул.

Исследователи измерили ширину и высоту молекул одноцепочечной ДНК и сравнили с двухцепочечными молекулами. Ширина одноцепочечных участков составляла около 1,5 нм, что почти в два раза меньше ширины двухцепочечных молекул ДНК, измеренных тем же методом. Значит, метод позволяет однозначно различать одно- и двухцепочечные структуры. Все это чрезвычайно важно для изучения процессов репликации и транскрипции, механизмов ферментативного катализа этих процессов.

## ШИНЫ ИЗ КУКУРУЗЫ

В апреле этого года в Москве состоялся Второй Международный конгресс «Евразия-Био», на котором было представлено много интересных докладов. Наше внимание привлекла технология компании «Danisco» и ее дочерней фирмы «Genencor», с помощью которой искусственный каучук на основе изопрена можно получать микробиологическим синтезом. Сырьем для такого производства служат сахара из растительного сырья — тростника, кукурузы или другой биомассы. Технология запатентована и держится в тайне, однако посетителям конгресса удалось кое-что узнать.

Исторически каучук добывали из самого того что ни на есть возобновляемого сырья — сока бразильской гевеи. Однако популярность каучука и его производ-



ных быстро росла, а с ней росла и цена. Ученые проделали огромную работу, пытаясь синтезировать что-либо подобное. В начале XX века это удалось С.В. Лебедеву, получившему полибутадиеновый каучук, и все же новый материал по свойствам был далек от природного. Натуральный каучук состоит из изопрена, и наладить производство его синтетического аналога удалось лишь в 60-е годы прошлого века. Источником изопрена стала нефть, которую подвергают крекингу — высокотемпературной обработке под действием катализаторов. При этом образуются углеводороды с меньшей молекулярной массой, в том числе изопрен.

Времена меняются, и теперь уже нефть становится дорогим ресурсом. Поэтому в сентябре 2008 года биотехнологическая компания «Genepoc» и шинный гигант «Goodyear» объявили о совместной работе над получением изопрена из биосырья. Интерес «Goodyear» не случаен: основное применение синтетического каучука — автомобильные покрышки, хотя на его основе делают также хирургические перчатки, мячики для гольфа и клеящие материалы. «Goodyear» производит 200 миллионов шин ежегодно и остается одним из самых крупных потребителей изопрена.

Биоизопрен отличается от своего нефтяного собрата лишь происхождением. Оказывается, в обычной живой клетке есть некоторое количество этого вещества — правда, связанного с двумя фосфатами. Такой изопрен работает промежуточным звеном при образовании холестерина, каротиноидов в растениях, некоторых гормонов. Однако клетка не склонна синтезировать и хранить какое-либо вещество в количествах, превышающих ее потребности. Чтобы получить свертывающий изопрен, ученые взяли один из бактериальных штаммов и применили к нему арсенал методов генной инженерии: увеличили количество копий гена, отвечающего за производство этого вещества, а также усилили метаболические пути, ведущие к его синтезу. Инженерное оформление тоже оказалось на высоте: летучий продукт постоянно извлекался из газовой фазы и не подавлял жизнедеятельность бактерий. В результате выход изопрена соответствовал концентрации 60 граммов на литр. Для сравнения — это не уступает количеству этанола, которое можно получить при брожении.

Ну а дальше — все по старинке: изопрен полимеризуется, полученный кау-

чук идет в дело. К сожалению, биоизопрен не решает проблемы утилизации старых автомобильных покрышек, поскольку полимер остается тем же. Кроме того, генно-инженерные штаммы капризны и неустойчивы, поэтому растительное сырье сначала нужно переработать в сахара и лишь потом скармливать бактериям. Однако все эти трудности не пугают инженеров «Danisco», и в ближайшее время компания планирует вложить в проект еще 50 млн. долларов. Впрочем, объем мирового производства изопрена, получаемого из нефтепродуктов, сегодня достигает 730 000 тонн, а весь его мировой рынок оценивается в 1—2 млрд. долларов. При поддержке «Goodyear» новая технология может быстро получить всеобщее признание. По крайней мере, опытный образец покрышки из биоизопрена уже увидел свет. Начало массового производства запланировано на 2013 год.

#### ТРАВЕ ПО ПОЯС

Восток, как известно, дело тонкое, и Дальний Восток — не исключение. Именно там японские мастера искусства бонсай выращивают деревья в цветочных горшках, а совсем неподалеку, на островах Курильской гряды, растут травы размером с дерево. Три-четыре метра в высоту — не предел для местных великанов, среди которых есть представители нескольких родов трав.

Но удивительно другое: растения достигают гигантских размеров не везде, а лишь на некоторых участках. В чем причина — попытались выяснить в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск).

Явление крупнотравья интересовало науку давно, благо его география не ограничивалась Дальним Востоком, а охватывала горы Балканского полуострова, Карпат, Кавказа, Тянь-Шаня. Статья под названием «Растения-гиганты», вышедшая в «Химии и жизни» в апреле 1978 года, сообщала читателю об этом явлении и предлагала на правах гипотезы несколько возможных его причин. Недавние исследования, судя по всему, подтверждают правоту тех давних догадок.

Объектом изучения стали крупнотравные сообщества, представленные в основном камчатским лабазником, достигающим высоты 2,2—2,7 метров, а сами исследования прошли на юге островов Сахалин и Кунашир. Ученые осмотрели 12 участков, на которых росли гигантские травы, проанализировали 48 грунтовых проб на наличие 37 химических элемен-

тов. И действительно, почва на таких участках отличалась по своему составу от обычной. В частности, примерно в полтора раза была выше концентрация фосфора, германия, кобальта, иттрия, цинка. Однако для растений важно, чтобы элементы были в подвижной, доступной им форме. В почвах крупнотравья оказалось больше подвижных форм магния и железа, а также присутствовали медь и хром. Для полноты картины следует отметить повышенное содержание в почвах крупнотравья нефтяных углеводородов.

Конечно, такая минеральная подпитка могла способствовать усиленному росту трав, но необычный состав грунта, в свою очередь, тоже требовал объяснений. Поэтому исследователи не остановились на анализе почв, а продолжали искать более глубокие причины — во всех смыслах этого слова. Участки крупнотравья оказались приуроченными к зонам активной тектоники и повышенного уровня подземного тепла. Надо сказать, что выделение некоторого количества тепла из-под земли — явление повсеместное и вызвано тем, что наша планета внутри гораздо горячее, чем на поверхности. Там, где земная кора повреждена в результате вулканической деятельности, повышена и земная температура. Именно такие участки облюбовали гигантские травы. Наиболее «горячее» место исследований — остров Кунашир, самый южный из островов Курильской гряды. Из-за сейсмической активности поток подземного тепла там превышает среднепланетный уровень в несколько раз. Показательно, что именно на этом острове еще в конце 80-х годов были обнаружены гигантские травы высотой 4—5 метров.

Через разломы земной коры к поверхности могут подниматься те самые элементы, чью повышенную концентрацию зафиксировали ученые. Для подтверждения своих догадок исследователи совместили карту сейсмически активных районов России с местами распространения крупнотравья и убедились в пространственной связи между этими двумя явлениями. Таким образом, если их догадки верны, сама природа создала для трав своеобразные теплицы, снабжая растения дополнительной энергией и микроэлементами.

Интересно, прижились бы камчатские травы на склонах вулкана Эйяфьятлайокудль?

**Р.Акасов**

# Неандертальцы в наших генах

Е. Клещенко

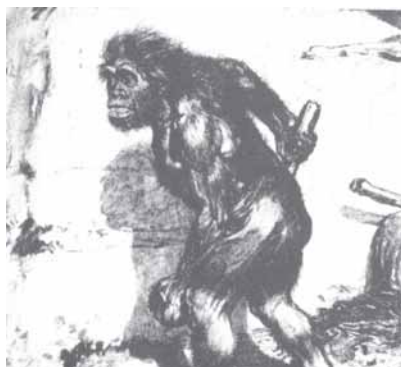
Открытия в области палеогенетики человека следуют одно за другим. Прошло чуть больше года с тех пор, как сотрудники Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка и компании «454 Life Science» объявили, что получен «черновой» вариант генома неандертальца (об этом мы упоминали в мартовском номере за 2009 год). Уже тогда выяснились сенсационные подробности: неандертальцы, вероятно, умели говорить (у них был найден ген *FOXP2*, играющий важную роль в развитии речевых способностей), став взрослыми, не пили молоко, так как не могли усваивать лактозу, и были они светлокосыми и рыжими (ген *MC1R*). А руководитель группы Сванте Пээбо с коллегами обещали новые открытия.

И вот, наконец, долгожданная публикация (Richard E. Green et al., «A draft sequence of the Neandertal genome», «Science», 7 мая 2010 года, т. 328, с. 710–722) и пресс-релиз института под названием «The Neandertals in us». Можно считать доказанным, что уже после того, как человек разумный и неандерталец обособились друг от друга, они продолжали обмениваться генами. Более того, не всем современным этническим группам «повезло» в равной мере: одни оказались ближе к неандертальцам, чем другие.

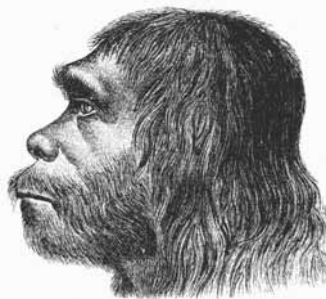
## Две дальних родственницы и еще одна

О трудностях, возникающих при секвенировании древних ДНК, мы писали не раз — высокий уровень расщепления, большое количество ДНК других видов, от почвенных микробов до современных живых существ. Некоторые азотистые основания претерпевают химические изменения, и в результате одни «буквы» заменяются другими. Поэтому необходимы специальные приемы при выделении и секвенировании ДНК, а также математические методы, учитывающие возможные ошибки при обработке полученных последовательностей. Исследователи учились всем этим тонкостям, читая ДНК животных позднего плейстоцена. В числе первых были фрагменты генома пещерного медведя из пещеры Виндия в Ховартии. Судя по всему, химические и температурные условия в этой пещере благоприятны для сохранения ДНК, поскольку и останки неандертальцев, найденные там, оказались самыми перспективными (см. статью «Гены брата» в «Химии и жизни», 2007, № 1).

В новой публикации кости из Виндии играют важнейшую роль. Палеогенетики исследовали 21 образец, из числа наименее ценных для палеоантропологов (ведь чтобы получить ДНК, кость надо разрушить — пусть и небольшое количество, а все равно жалко). Образцы проверили на присутствие митохондриальной ДНК (мтДНК) и отобрали из них три. Возраст первого, обозначенного Vi33.16, —  $38\,310 \pm 2130$  лет (он был определен методом ускорительной масс-спектрометрии, измеряющей уровень распада изотопа  $^{14}\text{C}$ ). Второй образец, Vi33.25, был найден в более глубоком слое, и, видимо, он существенно старше, но в нем оказалось недостаточно коллагена, чтобы провести датировку. Для обоих образцов уже получали полную последовательность мтДНК, для первого секвенировали и фрагменты геномной ДНК. Возраст третьего образца, Vi33.26, ДНК которого ранее не исследовали, —  $44\,450 \pm 550$  лет.



Реконструкция Марселина Буля.  
Начало XX века



Первая реконструкция неандертальца.  
Герман Шафгаузен, 1888



Реконструкции М.М.Герасимова



**1**  
*Череп в музеях не изменились, однако реконструкции неандертальцев за последние сто лет «эволюционировали» от гигантской обезьяны к человеку, нашему близкому родичу — пусть не античному красавцу, но не лишенному обаяния*

Если датировки верны, то первого неандертальца отделяла от третьего пропасть в несколько тысяч лет, а второй, вероятно, был старше их обоих. Тем не менее ученые решили проверить, точно ли это останки трех разных индивидов, благо имелась возможность получить самые надежные данные — генетические. Сравнение мтДНК Vi33.16 и Vi33.26 преподнесло сюрприз: они оказались очень сходными, возможно, идентичными. Как помнят читатели «Химии и жизни», мтДНК передается в неизменном виде по материнской линии: у «шестнадцатого» и «двадцать шестого» когда-то была общая прапрапра...бабушка и прапрапра...внучка, их разделяли сотни поколений. И в самом деле, их ядерные геномы отличались существенно. (То, что при этом мтДНК были сходными, нормально: заметное количество мутаций за это время не накопилось бы.) Что касается «двадцать пятого», у него отличалась и мтДНК.

Точнее, не «у него», а «у нее». Изучение геномной ДНК показало, что все три кости принадлежали женщинам, в том числе и «шестнадцатая», в ДНК которой ранее вроде бы находили фрагменты Y-хромосомы. Эти фрагменты оказались неверно картированными обрывками X-хромосомы и неполовых хромосом. Трудное дело палеогеномика, что и говорить.

## Четыре миллиарда букв

Итак, из образцов со всеми необходимыми предосторожностями получили экстракты ДНК (из каждого по несколько раз, для чистоты эксперимента). Создали ДНК-библиотеки, причем каждый фрагмент ДНК нес специфическую «метку» TGAC на 3'-конце, чтобы исключить возможность загрязнения в дальнейшем. С каждого фрагмента сняли копии в необходи-





Мужчина. Реконструкция выполнена на основе первого найденного черепа неандертальца



Женщина. (Голландские скульпторы Эдри и Альфонс Кеннис, 2008)



Ребенок. (Антропологический институт, Цюрихский университет, 1991)



## НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

мом количестве, затем провели секвенирование. Прочитанные последовательности сравнили с геномами человека, шимпанзе, макаки резуса и мыши, чтобы установить, сколько в каждом образце неандертальской ДНК. Посторонней ДНК, преимущественно микробной, изначально было от 95 до 99%. Экстракты, по прикидкам содержавшие более полутора процентов нужной ДНК, использовали для получения новых библиотек. Полученные в итоге фрагменты читали на платформах «454 Life Science» и «Illumina». (О компаниях, которые разрабатывают методы и оборудование для секвенирования ДНК, читайте статью в одном из ближайших номеров.)

Фрагменты выстроили в правильном порядке путем сравнения с геномами человека, шимпанзе, а также реконструированным геномом предполагаемого предка шимпанзе и человека. В сумме было прочитано 5,3 миллиарда нуклеотидов неандертальской ДНК из 400 мг костного порошка — очень хорошая эффективность (три года назад все думали, что понадобится не менее 20 г!). После отбраковки сомнительных участков для построения геномной последовательности использовали около 4 миллиардов нуклеотидов. Обобщенные «количественные» результаты представлены в таблице 1. «Покрытие генома 1,5x» не означает, что прочтен весь геном, причем половина — дважды. Это просто отношение общей длины прочтенных фрагментов к длине генома (у неандертальца она, как и у человека, составляет около 3 миллиардов нуклеотидов.) Прочитанные последовательности охватывают две трети генома. Но то, что они сильно перекрываются, тоже полезно: перекрывание повышает достоверность чтения, а если перекрываются участки, полученные от разных индивидов, — составляет данные о биоразнообразии неандертальцев.

Итак, у нас есть весьма солидная информация о неандертальском геноме. Что она нам дает? Прежде всего — возможность еще раз пересмотреть данные о нашем родстве, о том,

когда разошлись наши эволюционные пути. Для этого ученые сравнили «обобщенные» (референтные) последовательности человека и шимпанзе, а также три генома трех неандерталков из Виндии. Посчитали число точечных замен у неандертальцев по сравнению с шимпанзе и людьми, а также у людей по сравнению с шимпанзе. (О том, как это делается, см. «Химию и жизнь», 2007, №1, с. 10.) Зная время расхождения с шимпанзе, прикинули, когда должно было начаться наше расхождение с неандертальцами. Примерное время дивергенции для неполовых хромосом человека и неандертальца вышло неожиданно большим: 825 000 лет назад! Ученые предупредили, что это лишь грубое приближение, поскольку мы не уверены в точном времени расхождения предков людей и шимпанзе.

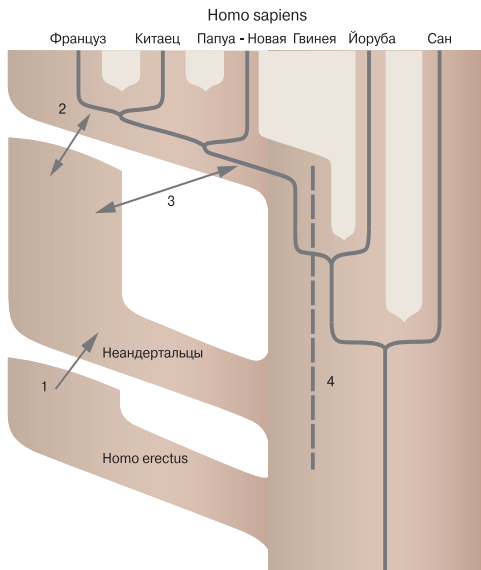
Напомним, что дивергенция геномных последовательностей и дивергенция популяций или видов — не одно и то же. Дивергенция последовательностей ДНК — время, когда в единой популяции общего предка наметились два максимума и исследуемые участки генома начали независимую эволюцию в разных группах (причем для разных участков ДНК в большой популяции это время может различаться). Дивергенция популяций (split time, время расщепления) — время, когда две популяции прекратили обмениваться генами. Понятно, что последнее происходит существенно позже.

Время дивергенции геномов сотрудники Института эволюционной антропологии в работе 2006 года, о которой мы писали, оценили в 516 000 лет назад, с доверительным интервалом 95% — 465—569 000 лет. В статье Джеймса Нунана, Эдварда Рубина и соавторов (в числе которых был и Сванте Пээбо), в том же году опубликованной «Science», приведены немного другие цифры: дивергенция геномных последовательностей — 706 000 лет назад, разделение предков неандертальца и современного человека на два вида — 370 000 лет назад. А о новых результатах — чуть позже.

Правомерно ли судить по геномам трех хорватских неандерталков обо всем огромном неандертальском виде, существовавшем сотни тысяч лет? Чтобы уточнить это, исследователи повторили расчеты со сравнительно небольшими участками

Таблица 1  
Шесть ископаемых образцов костей неандертальца и их «вклады» в геном

| Образец |          |                   | Vi33.16       | Vi33.25       | Vi33.26       | Сидрон      | Мезмайская  | Неандерталь | Всего         |
|---------|----------|-------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Страна  |          |                   | Хорватия      |               |               | Испания     | Россия      | Германия    |               |
| Возраст |          |                   | ок.38 000     | ???           | ок.44 500     | 49 000      | 60-70 000   | 42 000      |               |
| Метод   | 454      | Число нуклеотидов | 533 137 012   |               | 845 761 427   |             |             |             | 1 378 898 439 |
|         |          | Покрытие генома   | 30,2%         |               | 19,0%         |             |             |             | 49,2%         |
|         | Illumina | Число нуклеотидов | 1 265 369 366 | 1 306 019 506 | 1 515 063 376 | 2 234 572   | 56 405 304  | 2 228 645   | 4 147 320 769 |
|         |          | Покрытие генома   | <b>54,1%</b>  | <b>46,6%</b>  | <b>45,2%</b>  | <b>0,1%</b> | <b>2,0%</b> | <b>0,1%</b> | <b>1,5x</b>   |



2 Родословное древо человеческих рас и неандертальца. Стрелками показаны возможные сценарии обмена генами. Данные, полученные в Институте эволюционной антропологии, подтверждают вариант 3.

ДНК трех других неандертальцев. Их выбрали так, чтобы они как можно лучше представляли географию вида: из пещеры Эль Сидрон (Испания, возраст около 49 000 лет), из пещеры Фельдхофер в легендарной долине Неандер (тот самый образец, найденный в 1856 году, возрастом около 42 000 лет) и, наконец, из пещеры Мезмайская на Кавказе (это самый древний образец — 60 000 — 70 000 лет). Кавказский образец предоставили российские археологи, упомянутые в числе соавторов, — Л.В. Голованова и В.Б. Доронищев (Санкт-Петербург, АНО «Лаборатория доистории»). Секвенирование показало, что ДНК этих трех образцов, включая и тот, что из Мезмайской — наиболее удаленный во времени и пространстве, — не слишком отличались от обитателей Виндии и не сильнее, чем они, отличались от современного человека.

Кстати, разнообразие современных людей еще больше, чем у неандертальцев. Поэтому авторы работы отсекали геномы пять полных геномов современных людей: представителей племени сан из Южной Африки и племени йоруба из Западной Африки, жителя Папуа — Новая Гвинея, китайца хань и француза. Эти геномы и сравнивали с неандертальскими.

Так в чем же конкретно состояло отличие? Скажут нам, наконец, какие гены у неандертальцев были не такими, как у нас? Обязательно.

## Найден ген надбровных дуг?

По большому счету, «эту книгу мы уже читали». Если геномы человека и шимпанзе совпадают на 98,8%, то геномы неандертальца и человека идентичны как минимум на 99,7%, что, по некоторым оценкам, превышает сходство между отдельными современными людьми. (Отсюда не следует автоматически, что неандертальцы — «просто еще одна раса», все дело в том, как распределены отличия.) Поэтому находить в геноме неандертальца знакомые гены нетрудно. Наиболее интересны, конечно, те, которые не совпадают у человека и обезьян: логично предположить, что какие-то из них и определили уникальные свойства людей разумных. Большая часть «человекоспецифичных» нуклеотидных замен и вставок-делеций обнаружилась также у неандертальцев. Только 78 замен присутствовали у всех современных людей, тогда как у неандертальцев на этом месте был тот же вариант, что у шимпанзе. (Стало быть, отбор в последние несколько сотен тысяч лет зафиксиро-

Таблица 2 Гены, потенциально отличающие нас от неандертальцев

| Ген           | Функция у человека   |
|---------------|--|
| SPAG17        | Белок важен для биения жгутика сперматозоида   |
| PCD16         | Белок обеспечивает адгезию клеток и, возможно, способствует заживлению ран   |
| TTF1          | Фактор транскрипции рибосомных генов   |
| CAN15         | Функция неизвестна   |
| RPTN          | Репетин — белок межклеточного матрикса эпидермы, содержится в потовых железах, волосяных луковицах, сосочках языка |
| TRPM1         | Меластатин — ионный канал, обеспечивающий пигментацию кожи   |
| AUTS2, CADPS2 | Мутации связаны с развитием аутизма  |
| THADA         | Мутации связаны с диабетом II типа, экспрессия различается у здоровых и больных                                    |
| DYRK1A        | Находится в участке, критическом для развития синдрома Дауна   |
| NRG3          | Мутации связаны с шизофренией  |
| RUNX2 (CBFA1) | Продукт отвечает за развитие костной ткани, мутации — причина клейдокранияльной дисплазии                          |

Первые шесть генов найдены поиском аминокислотных замен в белках — продуктах генов, остальные — поиском «повышенной изменчивости»

ротовал у нас сравнительно мало изменений.) И только в пяти генах было найдено более двух замен, которые изменяли аминокислотную последовательность кодируемых белков. Кроме того, у некоторых людей отсутствует стартовый кодон гена TRPM1, чего не обнаружено у шимпанзе или неандертальцев (таблица 2).

Познавательное, но как-то не захватывающее. Можно, конечно, отметить, что три из шести генов так или иначе связаны с кожей — видимо, ее свойства были важны для отбора. Интересно было бы выяснить и то, чьи сперматозоиды плавали быстрее — наши или неандертальские: конкуренция спермы играет в эволюции важнейшую роль. Но различия между человеком и неандертальцем явно заходят глубже.

Для дальнейшего поиска использовали более изощренный метод. «Молекулярные часы» — непростое устройство, и рассматривать геномы как буквенные последовательности, которые копируются с постоянной частотой опечаток по всей длине, — значит упрощать действительность. Геномы упряты в организмы, и одним организмам везет в жизни, другим нет, что не может не отражаться на частоте соответствующих вариантов геномов. «Плохие» мутации исчезают из игры как бы вопреки теории вероятностей, «хорошие», напротив, распространяются и закрепляются. Значит, те участки генома, которые у людей сильнее отличаются от шимпанзе, чем у неандертальцев, были поддержаны естественным отбором на последнем этапе становления человека как вида — на пути от общего предка с неандертальцем к Homo sapiens, каким мы его знаем теперь. Такие участки можно найти и посмотреть, что за гены в них. Возможно, они не были замечены предыдущим методом — ведь объектом отбора может быть и не кодирующая последовательность, а, например, регуляторная.

Чтобы выявить «участки положительного отбора», сравнивали геномы пяти современных людей с референтными последовательностями геномов человека и шимпанзе. Отыскивали SNP — однонуклеотидные полиморфизмы (то есть однобуквенные замены в определенных позициях, см. «Химию и жизнь», 2009, № 3). С помощью математических методов предсказывали ожидаемое наличие тех же SNP у неандертальцев: чем шире некий полиморфизм распространен у людей, тем раньше, очевидно, он появился и тем больше вероятность найти его у «родича». Так вот, когда начали сравнивать предсказанные для неандертальцев SNP с фактически найденными, в тех местах, где полиморфизмов оказалось меньше ожидаемого, действительно обнаружилось интересные гены (таблица 2).

Мутации в некоторых из них связаны с психическими заболеваниями — шизофренией, аутизмом. Иначе говоря — с развитием мозга. Аутизм, как известно, сопровождается нарушением способности к общению и образованию социальных связей. С другой стороны, палеоантропологи считают, что важным преимуществом человека разумного перед неандертальцем



был больший размер групп и лучшая социальная организация. Интересен также ген *THADA*: его связь с диабетом означает влияние на метаболизм, а энергетический обмен у неандертальцев и современных людей различался наверняка. Наконец, ген *RUNX2*, он же *CBFA1*, — единственный известный ген, мутации в котором вызывают клейдокраниальную дисплазию, врожденное заболевание, которое сопровождается характерными изменениями скелета. Некоторые из них — колоколообразная грудная клетка, выступающая лобная кость — живо напоминают о неандертальцах. Похоже, математический метод работает, и дальнейшие исследования помогут нам разобраться, отчего неандертальцы были устроены иначе.

## Африканцы, азиаты, европейцы и Крейг Вентер

Так что мы можем теперь сказать о разделении популяций предков человека и неандертальца? (Именно предков, подчеркнем еще раз: человек, анатомически подобный нам, появляется на Земле не ранее 200 000 лет назад.) Более точный ответ на этот вопрос можно получить, сравнивая те же SNP у пяти современных людей — представителей разных рас, неандертальца и шимпанзе. Если считать, что последовательности ДНК предков человека и шимпанзе разделились 5,6—8,3 миллиона лет назад, то получается, что популяции предков человека и неандертальца разделились 270 000—440 000 лет назад (в общем, сравним с результатом Нунана и соавторов).

И вот самое интересное: это разделение не прекратило окончательно обмен генами между двумя видами людей. У авторов работы была уникальная возможность сравнить геном неандертальца с геномами разных этнических групп. Если после разделения межвидовая любовь и дружба прекратились окончательно, то и европейцы, и коренные жители Азии и Африки должны быть одинаково несходными с неандертальцами. Если же отдельные контакты еще случались до или во время расселения современных людей по Евразии — тогда кто-то из современных людей будет больше похож на неандертальцев, чем другие.

Именно это и показало попарное сравнение неандертальца с представителями разных рас. Для чистоты эксперимента взяли восемь современных людей: двух американцев европейского происхождения, двух жителей Восточной Азии и четверых из Западной Африки. В их геномах секвенировали случайно выбранные участки длиной в 750 пар нуклеотидов и сравнили с параллельными участками у неандертальцев. (Сравнивали только те аллели-SNP, которых не было у шимпанзе.)

К неандертальцам оказались одинаково близки европейцы и азиаты, но не коренные обитатели Африки, у которых отличий было больше! Индивидов меняли местами во всех возможных комбинациях, выбирали участки из разных хромосом, сравнивали не только обычные, но и гипермутабельные участки, а также участки, прочитанные у неандертальца на фрагментах различной длины и с помощью разных технологий, — результат не изменился. Тем же он оказался и с пятью полными геномами современных людей, причем житель Папуа — Новой Гвинеи не был дальше от неандертальца, чем китаец или француз. Стало быть, неафриканцы теснее связаны с неандертальцами, чем африканцы.

Трудно сказать, обижаться нам на следующее утверждение или, наоборот, гордиться, но генный поток, по видимости, был однонаправленным: от неандертальцев к нам и не наоборот. Дело в том, что неафриканцы ближе к африканцам племени йоруба, чем сан, тогда как у неандертальцев подобного различия сыскать не удалось. Это не доказывает, что гены от людей современного типа к неандертальцам не передавались никогда, но пока следов подобной передачи не найдено.

Дополнительные подтверждения наших отношений с братским видом нашли, подробно анализируя референтную последовательность генома человека, которую использовали для



сравнения с неандертальцем. Это не геном какого-то конкретного человека, он скомпилирован из фрагментов ДНК многих людей, причем половина из них имеет африканское происхождение, половина — азиатское. И опять-таки европейские фрагменты оказались более сходными с неандертальскими, чем африканские. А чтобы еще раз убедиться, что это не случайность, референтный геном сравнили с полным геномом конкретного человека. Это был геном знаменитого молекулярного биолога Крейга Вентера, который выложил полную информацию о своей ДНК в свободный доступ («Химия и жизнь», 2010, № 3; кстати, Вентера и его соратников можно поздравить с успешным запуском синтетического генома микроорганизма, о чем мы обязательно напишем в ближайших номерах). Среди «европейских» сегментов самые сходные с неандертальскими оказались неожиданно далекими от генома Вентера (который тоже европеоид). Это не обязательно значит, что знаменитый биолог дальше ушел от неандертальца, чем большинство людей, — его геном не сравнивался с неандертальским. Но это может значить, что в геномах европейцев остались «неандертальские» сегменты, свои у каждого из нас. В целом авторы работы предполагают, что вклад неандертальцев в геном современных жителей Евразии составляет 1—4%.

У неандертальцев было несколько возможностей вступить в интимные отношения с другими видами рода *Номо* (см. рис.). Во-первых, это могло произойти у них с архаичными гомининами вроде *Номо erectus* — и если мы когда-нибудь найдем в неандертальском геноме участки, которые будут слишком резко отличаться от наших, это послужит доказательством. Во-вторых, всем известно, что неандертальцы долгое время жили бок о бок с кроманьонцами на территории Европы, и там могло случиться все, что угодно. Но тогда откуда сходство с неандертальцами у китайцев и папуасов? (По данным палеоархеологии, ареал обитания неандертальцев был ограничен Европой и Западной Азией.) Полученным данным лучше всего соответствует третий вариант: встреча наших двух видов еще до заселения Евразии, разделившего мигрантов-людей на европейцев и азиатов, где-то на Среднем Востоке. Археологическим данным это вполне соответствует: люди появились там не позднее 100 000 лет назад, а неандертальцы там обитали, пока не исчезли примерно 50 000 лет назад, — времени было достаточно. Можно предположить и четвертый вариант: частичное разделение предковой популяции на субпопуляции еще в Африке: евразийские мигранты могли оказаться ближе к неандертальцам, чем африканцы, из-за неполной генетической гомогенности.

Возможно, главный результат этой работы в том, что палеогеномика блестяще продемонстрировала свою эффективность. И хотя у нас есть пока только «драфт-версия» генома неандертальца — перед нами открылось новое бескрайнее поле деятельности. Почти такое же, как перед нашим дальним общим предком, когда он впервые вышел из леса и увидел саванну.



# Революция в систематике

**С**истематику считают наиболее традиционным и консервативным разделом биологии. Классы, отряды, семейства, роды, виды... В эпоху молекулярной биологии кому все это интересно?

На самом деле интересно. Во все эпохи находилось некоторое число исследователей, которые занимались этим странным делом. Серьезные люди смотрели на них как на блаженных. «Он химик, он ботаник, князь Федор, мой племянник», — с иронией говорила светская дама из «Горя от ума».

В конце XIX века химики стали выглядеть более респектабельно, в то время как на «ботаников» продолжали смотреть с удивлением. При этом в общую категорию «ботаников» широкая общественность включала всех систематиков — не только растений, но и червей, насекомых, рыб, птиц и т. д.

К началу XX века систематика казалась полностью завершенной (как, впрочем, и классическая физика). Оставалось лишь нанести несколько заключительных мазков... Оказалось, однако, что все не так. Систематику пришлось не достраивать, а перестраивать. И на уровне самых крупных групп — царств и отделов, и на уровне групп более мелких.

Для этого, вообще говоря, были две причины. Во-первых, появилась возможность изучать достаточно тонкие детали строения клеток. Это изучение показало, что клетки разных живых организмов вовсе не так одинаковы, как казалось раньше. Особенности строения клеток стали рассматриваться как важный признак, характеризующий большие группы живых организмов.

Имелась и вторая причина. Молекулярные биологи научились определять последовательность аминокислот в белках и последовательность нуклеотидов в нуклеиновых кислотах, и это умение стали использовать в систематике.

Поговорим об этом более подробно. Предположим, что мы сравнили последовательности нуклеотидов в каком-то гене у разных животных. Эти последовательности будут похожими, но не совсем одинаковыми, поскольку достаточно длительное время виды не были генетически связанными и эволюционировали независимо друг от друга. При

определенных допущениях (о которых мы здесь говорить не будем) получается, что число различий в нуклеотидных последовательностях у двух видов будет прямо пропорциональным времени, прошедшему с момента расхождения эволюционных ветвей, ведущих к этим видам.

Таким образом, сравнивая аминокислотные и нуклеотидные последовательности двух видов, мы можем сказать, насколько давно жил их последний общий предок. Если же мы проведем такое сравнение для нескольких видов, то можно будет построить эволюционное дерево для целой группы. А ветвям этого дерева присвоить ранг отрядов или семейств.

Традиционная систематика — не столько наука, сколько искусство. Специалист, занимающийся той или иной группой, должен был анализировать множество признаков и решать, какие признаки свидетельствуют о родстве, а какие — нет. Анализ нуклеотидных последовательностей породил надежды на то, что систематика в недалеком будущем превратится в строгую науку. А для успешных занятий систематикой вовсе не нужно будет видеть изучаемые объекты живьем — достаточно изучить последовательности нуклеотидов в том или ином гене.

Если этот прогноз оправдается, то будет очень жалко. Исчезнет одна из субкультур, и жизнь человеческого общества станет менее красочной.

**В** старые добрые времена весь мир живых организмов делили на царство растений и царство животных. При этом к растениям относили и водоросли, и грибы, и бактерии. Царства растений делили на отделы, царства животных — на типы, и так далее.

Эту красивую схему портило постепенное осознание того факта, что клетки бактерий и клетки остальных «растений» устроены принципиально по-разному. В клетках бактерий нет отделенного от цитоплазмы ядра, совершенно по-другому устроена клеточная оболочка, нет внутриклеточных нитей, позволяющих тянуть крупные частицы, перемещая их из одного места в другое. Осознание глубины этих различий привело к появлению терминов «прокариоты» и

«эукариоты». Прокариоты — это бактерии и так называемые синезеленые водоросли (более точно другое название — цианобактерии), в клетках которых нет отделенного от цитоплазмы ядра. Эукариоты — это все остальные.

Понятия «прокариоты» и «эукариоты» ввел в 1925 году Эдвард Шаттон, предлагавший выделить прокариот в самостоятельное царство, но потребовалось еще более четверти века для того, чтобы осознать, что различия между прокариотами и эукариотами очень глубоки, гораздо глубже, чем различия между растениями и животными. Это осознание позволило Херберту Коупланду (1947, 1956) и Роберту Уиттакеру (1959) предложить новые системы животного мира.

Оба автора вслед за Шаттоном выделили прокариот в самостоятельное царство. Кроме того, они исключили водоросли из царства растений и так называемых простейших животных — из царства животных, объединив их в царство протистов. Уиттакер исключил грибы из царства растений, превратив их в самостоятельное царство.

По системе Уиттакера, существовало уже не два, а пять царств: прокариоты (монеры), протисты, растения, грибы, животные, причем прокариоты неявно противопоставлялись всем остальным.

В конце 1970-х годов научный мир обратил внимание на так называемых архебактерий. Оказалось, что существует небольшая группа прокариот, клетки которых по своему химическому составу ближе к эукариотам, чем к прокариотам. После непродолжительных дискуссий стало очевидно, что прокариот следует разделить на два царства: настоящих бактерий (эубактерий) и архебактерий. Это разделение было обосновано в работах Карла Везе.

Царств стало шесть, с вирусами семь. Революционные изменения в систематике набирали скорость. Их следующей «жертвой» сделалось царство протистов — просто устроенных эукариот.

В учебниках зоологии традиционно рассматривается тип простейших животных, который относят к царству животных. Так было до работ Коупланда и Уиттакера, так продолжается и по сей день (с той только разницей, что теперь этот тип произвели в подцарство), по-



сколько преподавать по старинке привычнее и удобнее. А в учебниках по ботанике рассматривается около десятка отделов водорослей, связи между которыми остаются непонятными. Иногда их относят к царству растений, а иногда и не относят. Некоторые группы организмов (эвгленовые, динофлагелляты) рассматриваются и в курсе зоологии, и в курсе ботаники, причем зоологи считают их отрядами класса жгутиконосцев, а ботаники — отделами царства растений. Полный беспорядок!

Системы Коупланда и Уиттакера попытались его устранить, назвав простейших животных и одноклеточные водоросли не растениями и животными, а протистами. Но явная сборность этой группы бросалась в глаза и побуждала систематиков создавать системы, в которых протисты были разделены на много царств.

В 1984 году Гордн Лидейл разделил мир живых организмов на 17 царств, большинство из которых возникли в результате распада царства протистов. После этого начался бум многоцарственных систем, продолжающийся и поныне.

**Т**ак сколько же царств живых организмов признает современная биология? Ответить на этот вопрос затруднительно. Каждый год выходят работы с новыми вариантами разделения на царства. Невольно вспоминается популярный в среде физиков стишок:

*Был этот мир глубокой тьмой окутан.  
Да будет свет! И вот явился Ньютон.  
Но Сатана недолго ждал реванша,  
Пришел Эйнштейн,  
и стало все, как раньше.*

Изменения происходят не только на уровне царств, но и на уровне значительно меньших систематических групп. Давайте посмотрим, что за последний десяток лет произошло с такой, казалось бы, хорошо изученной группой, как плацентарные млекопитающие. Для тех, кто забыл школьную биологию, напоминаю, что современные млекопитающие делятся на яйцекладущих (утконос, ехидна), сумчатых (опоссумы, кенгуру и другие животные, выращивающие детей в сумке) и плацентарных (всех остальных, которые рожают живых детенышей).

Исследования генов и геномов животных, проводившиеся в последние годы в разных лабораториях, неожиданно показали, что плацентарные млекопитающие делятся на четыре группы.

Первая группа получила название Laurasiotheria (азиатские звери). К ней относятся обитающие в России представители отряда насекомоядных (кроты, ежи, бурозубки и т. д.), а также представители отрядов рукокрылых (летучих мышей), хищных, непарнокопытных (ло-

шади, носороги), парнокопытных (свины, олени, антилопы, быки, козы, овцы), китообразных, ластоногих, а также некоторых других мелких отрядов. По своему происхождению эта группа связана с Европой, Азией и Северной Америкой.

Вторая группа — Afrotheria (африканские звери). К ней относятся обитающие в Африке и на Мадагаскаре представители отряда насекомоядных (прыгунчики, тенреки, златокроты и т. д.), хоботные, даманы, сирены (ламантин, вымершая стеллерова корова и др.). По своему происхождению эта группа связана с Африкой.

Третью группу назвали Euarchontoglires. К ней относятся приматы, грызуны, зайцеобразные и некоторые другие.

Четвертая группа, неполнозубые, включает единственный отряд неполнозубых (ленивцы, броненосцы, муравьеды), все представители которых живут в Южной Америке.

В чем принципиальная революционность полученных результатов?

Во-первых, приказал долго жить отряд насекомоядных, объединяющий наиболее примитивных плацентарных млекопитающих. О том, что отряд насекомоядных представляет собой сборную группу и должен быть расформирован, зоологи говорили давно и не раз. Теперь под эту точку зрения подведена серьезная молекулярная база. Насекомоядных несомненно следует разделить на два отряда, которые можно условно назвать «насекомоядные-1» в группе азиатских зверей и «насекомоядные-2» в группе африканских зверей.

Непонятен статус живущего на Кубе редкого млекопитающего щелезуба. По традиционной системе он относился к насекомоядным, однако же по своим генам он не похож ни на насекомоядных-1, ни на насекомоядных-2. Достоверно отнести его в одну из четырех групп плацентарных млекопитающих не удастся. Возможно, что щелезуб — это пятая группа и для него придется ввести новый отряд «насекомоядные-3».

Во-вторых, выявлено совершенно неожиданное родство приматов и грызунов. Оказывается, человек довольно-таки близок к крысе. Кто бы мог подумать?!

В-третьих, вскрылись неожиданные исторические связи внутри групп. Так, теперь известно, что по своим генам китообразные очень близки к гиппопотаму (отряд парнокопытных) и достаточно далеки от хищных, с которыми их раньше связывали. Впрочем, это не так уж необычно: например, один и тот же отряд ископаемых млекопитающих кондиляртр породил и хищных млекопитающих «первого поколения» (например, гигантского эндрюсарха), и разнообразных копытных животных. А современный отряд хищных млекопитающих имеет иное происхождение.



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Традиционная зоология сближает китообразных с хищными млекопитающими. Современная зоология вносит в это сближение поправку: китообразные близки к вымершим хищникам «первого поколения», которые эволюционно близки к парнокопытным.

Вдохновенные генетической близостью китообразных и парнокопытных, некоторые зоологи предложили даже создать новый отряд китопарнокопытных.

**Н**есколько слов насчет наших ближайших родственников. И здесь не обошлось без сенсации. Как мы знаем, сравнение генов животных, принадлежащих к разным группам, позволяет оценить, как давно разветвились веточки, ведущие к этим группам. Так вот, оказалось, что веточки, ведущие с одной стороны к человеку, а с другой стороны — к шимпанзе и горилле, разветвились всего-навсего пять (может быть, немного больше) миллионов лет назад. Сначала отделилась веточка к горилле, чуть позже — к шимпанзе. При этом в настоящее время известны находки подзрительных на прямохождение приматов, живших 6–7 миллионов лет назад (оррорин, сахелантроп). Результат допускает два объяснения. Либо шимпанзе и горилла были потомками уже прямоходящих приматов, либо оррорин и сахелантроп принадлежали к другой ветви высших обезьян, в которой тоже шла эволюция в общем направлении к человеку.

Что же касается орангутана, то исследование его ДНК никаких сюрпризов не принесло. Ветвь, ведущая к нему, отделилась от человеческой ветви где-то 12 миллионов лет назад, как и предполагалось ранее. Все это заставляет отказаться от семейства понгид (горилла, орангутан, шимпанзе), разделив его на два. В одном семействе останется орангутан, в другом — горилла и шимпанзе.

У систематики, считавшейся еще недавно старой и неинтересной отраслью знаний, началась вторая молодость. Лишнее свидетельство того, что наши представления о «современном» и «несовременном» относительны.

Кандидат биологических наук  
**С.В.Багоцкий**

## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### ЭЛЕКТРИЧЕСТВО — В ГАЗ

*Превращать электричество в метан — вот будущее альтернативной энергетики.*

Michael Specht,  
michael.specht@zsw-  
bw.de

Даже если не принимать в расчет высокую себестоимость электричества, получаемого из солнечного света, дуновения ветра или движения волн, системы альтернативной энергетики обладают неискоренимым недостатком — зависимостью от погоды. Ветер дует то сильно, то слабо, облака закрывают Солнце, на море штиль сменяется штормом. Энергетики же к таким капризам не привыкли. Чтобы совместить альтернативную и действующую энергосистемы, нужно звено, которое смогло бы сглаживать пики и провалы в выработке электричества.

По мнению ученых из Центра солнечной энергетики и исследований водорода в Баден-Вюртемберге, самый лучший способ — использовать альтернативные источники для производства горючего газа. Схема такова: электричество, выработанное ветряком или солнечной батареей, идет на электролиз воды, водород реагирует с углекислым газом и получается метан. Его-то и запускают в хорошо развитую сеть газопроводов и газовых хранилищ, а затем используют по назначению. «КПД такого преобразования — 60%, но это лучше, чем ничего», — говорит сотрудник центра доктор Михаэль Шпехт. Свою идею немецкие ученые собираются поверить на деле и к 2012 году построить солнечно-газовую станцию мощностью 10 МВт.

## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### КАК НАШЛИ «ЛУНОХОД-1»

*«Луноход-1» потерянный много лет назад на поверхности Луны наконец-то найден!*

Пресс-секретарь Kim  
McDonald,  
kmcDonald@ucsd.edu

«Луноход-1» пропал с экранов радаров 14 сентября 1971 года, спустя почти год после доставки на Луну. И этим сильно расстроил ученых: на нем был установлен французский рефлектор, с помощью которого методом отражения луча лазера физики надеются измерять расстояние до Луны с точностью до миллиметра (такая точность нужна для поиска отклонений от теории относительности Эйнштейна). С тех пор в их распоряжении остались четыре рефлектора — три привезли «Аполлоны»-11, 14 и 15, а четвертый стоит на «Луноходе-2». Этот последний плохо ориентирован, поэтому использовать его трудно. А чтобы достичь нужной точности требуется пять отражателей: три для определения координат, один — для учета приливных сил и еще один — для контроля.

И вот в апреле 2010 года американский спутник «Лунар реконесенс орбитер» рассмотрел на поверхности Луны светящееся пятнышко в нескольких километрах от того места, где все искали «Луноход-1». 22 апреля ученые из группы Тома Мерфи, профессора Калифорнийского университета в Сан-Диего, направили на пятнышко лазер и получили обратный сигнал. Повторный опыт, проведенный через 30 минут, позволил вычислить координаты «Лунохода-1» с точностью до десяти метров. Теперь он вернется в строй.

## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### ХОЛОДИЛЬНИК ДАВЛЕНИЯ

*Создан сплав с гигантским баримагнитным эффектом.*

«Nature Materials», 4  
апреля 2010,  
doi:10.1038/nmat2731

После того как фреоны были объявлены вне закона, материаловеды стали активно искать, из чего бы изготовить рабочее тело холодильника. И у них постоянно возникает идея использовать твердое вещество. Оказывается, под действием электрического, магнитного поля или растяжения некоторые твердые тела охлаждаются (см. «Химию и жизнь», 2009, № 3). Теперь ученые из университетов Барселоны, Каталонии и Дуйсбурга-Эссена на основе системы Ni-Mn-In создали сплав с эффектом памяти формы, у которого есть одновременно гигантский магнито- и барикалорический эффекты — то есть он охлаждается как под действием магнитного поля, так и при изменениях давления. Причем изменения, которые делают кристаллическую решетку материала нестабильной и заставляют ее мгновенно перестраиваться в новую конфигурацию, отчего и возникает температурный эффект, могут быть совсем небольшими.

Ученые рассчитывают, что в недалеком будущем материал сразу с двумя калорическими эффектами найдет применение в бытовых холодильниках и кондиционерах, которые станут работать совершенно бесшумно.

## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### КИСЛОТА ТАЙНА ПАУКА

*Кислотность — вот что регулирует производство паутины.*

«Nature», 2010, т. 465,  
№ 7295.

Человек давно мечтает научиться ткать паутину — самый крепкий из материалов. Уже и все белки, входящие в ее состав, изучены, уже и растения заставили эти белки изготавливать, а вот паутинных канатов все нет и нет. Возможно, работа ученых из Шведского университета сельскохозяйственных наук приблизит решение проблемы.

Исследователи заинтересовались вопросом: как же несколько метров паутины могут поместиться внутри маленького паучка? Поиск ответа привел их к мысли, что в паутинных железах содержится лишь раствор необходимых белков, а сплетаются друг с другом они уже потом, по выходе из канала железы. И действительно, в одном из белков был обнаружен фрагмент, который меняет растворимость при изменении кислотности среды: если pH уменьшается до 6, то белок становится нерастворимым. Именно так, с 7 до 6, изменяется кислотность среды в канале паутинной железы.

## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### МОЛЛЮСК НА СТРАЖЕ ВОДЫ

*С помощью мидий норвежцы отслеживают утечки нефти.*

Biota Guard AS, [http://  
www.biotaguard.no/](http://www.biotaguard.no/)

Мидии и прочие двусторчатые моллюски весьма чувствительны к чистоте воды. Малейшее загрязнение — и створки захлопываются, а сердце начинает биться в другом ритме. И никакой датчик не сравнится с моллюском, потому что для обитателя морских вод это вопрос жизни и смерти.

Этой-то способностью и решили воспользоваться норвежские ученые из Международного исследовательского института Стрвагера при участии ученых из России. Они присоединили к каждой мидии, посаженной в садок, приборы, позволяющие следить за сердечным ритмом животного, и получили устройство для наблюдения за разливами нефти из подводных скважин. А их норвежские нефтяники у себя на континентальном шельфе набурили в изрядном количестве. Первые опыты оказались столь успешными, что ученые создали компанию «Biota Guard AS», которая занялась изготовлением и обслуживанием таких живых сторожей. Мидиям, конечно, не под силу предотвратить крушение буровой платформы. А вот незаконный сброс буровой жидкости в море они, несомненно, заметят.





**ИСКУССТВЕННЫЕ  
НЕРВЫ**

*Из стекла и углеродных нанотрубок можно сделать аналог нерва.*

Илья Иванов,  
ivanovin@ornl.gov

Углерод проводит электричество. Так почему бы не сделать из него искусственные нервы? А потому, что нерв человека состоит из многих тысяч тончайших нервных волокон, и, значит, надо придумать технологию изготовления аналогичных волокон, иначе нерв выйдет толщиной с добрый кабель.

С этой задачей справились ученые из Окриджской национальной лаборатории (США). «На уроке химии стеклянную трубочку превращают в пипетку, нагревая ее в пламени горелки и растягивая размягчившееся стекло. Примерно так поступаем мы со стеклянными трубочками, которые наполнены порошком углеродных нанотрубок», — рассказывает участник работы Илья Иванов. Рекордом их деятельности стало создание кабеля диаметром всего в четыре раза больше, чем человеческий волос, который содержал 19 600 индивидуальных углеродных волокон, каждое — в стеклянной изоляции. Таким образом, каждое волокно представляет собой отдельный канал связи. Для сравнения: общее число нервных окончаний на поверхности человеческой руки — 17 000. Этот метод может найти применение не только в хирургии, но и в аэрокосмической технике, где столь важно иметь легкие, компактные устройства.

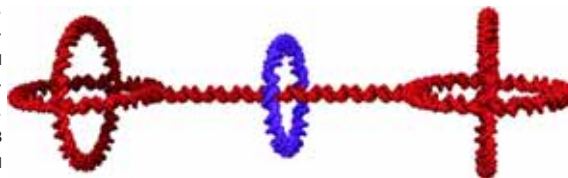
**ДНК-МАШИНА**

*Из ДНК можно изготовить колесо, сидящее на оси.*

«Nature  
Nanotechnology»,  
doi:10.1038/  
nnano.2010.65

Механическая цивилизация начинается с колеса. Не исключено, что с него начнется и наномеханическая цивилизация. А колесом для наномашин послужит ротаксан — кольцеобразная молекула, надетая на ось и закрепленная парой других молекул. Такой ротаксан собрали из молекул ДНК ученые из Боннского университета во главе с профессором Михаэлем Фамулоком.

Сначала они синтезировали отдельно молекулу-ось и молекулу-макроцикл. Затем сумели их соединить и закрепить на оси три цикла — два по бокам, один посередине. А затем центральный цикл от оси отрезали, и он получил возможность свободно двигаться. Как оказалось, боковые циклы не могли его долго удерживать — пара часов, и вся конструкция распадались. Тогда ученые исхитрились и надели на концы перекрещенные циклы, своеобразные шары из ДНК. Эта конструкция вышла гораздо крепче: так, если центральный цикл сделать из 126 пар оснований, а боковые — из 168, то даже за неделю выдержки при 4°C ничего с ней не случилось. Ученые уверены, что их методика позволит создавать множество интересных наноконструкций, поскольку нити ДНК обладают уникальными способностями к точной самосборке.

**УЛЬТРАФИОЛЕТОМ  
ПО  
РАССЕЯННОМУ  
СКЛЕРОЗУ**

*Ультрафиолетовый свет сам по себе способен затормозить развитие страшной болезни.*

Hector DeLuca,  
deluca@biochem.wisc.edu

При рассеянном склерозе иммунная система человека «сходит с ума»: лимфоциты начинают разрушать миелиновую оболочку нервов. В результате нервы перестают проводить электрические сигналы, и человек постепенно утрачивает способность передвигаться. Лекарства от этой болезни не найдено, а страдают от нее несколько миллионов человек во всем мире. Но не везде одинаково: в тропиках частота заболевания заметно ниже, чем в высоких широтах.

Несмотря на очевидное различие этнического состава населения в этих районах, ученые решили, что на частоту заболевания влияет не генофонд, а Солнце. В течение тридцати лет считалось, что повышенная выработка витамина D под действием ультрафиолета подавляет иммунную систему и тормозит развитие болезни у южан. Однако опыты на мышах вызвали сомнения в этой гипотезе: чтобы затормозить рассеянный склероз, нужно было столько витамина D, что управляемое им содержание кальция в крови поднималось до опасного уровня. У жителей теплых стран ничего такого не наблюдается.

Профессор Гектор де Люка из университета Висконсин-Мэдисон (США) и его коллеги показали, что, возможно, ультрафиолет действует и сам по себе. Они облучали подопытных мышей с рассеянным склерозом через день и через два дня. Уровень витамина D у них после этого не различался, а вот рассеянный склероз у первой группы тормозился. Ученые надеются найти ту длину волны облучения, которая ответственна за эффект, и, если она окажется в безопасном диапазоне, возможно, появится новая терапия рассеянного склероза.

**ДРОЗОФИЛА  
НЮХАЕТ СВЕТ**

*Генетическая модификация заставила личинку плодовой мушки ощущать синий свет как запах банана.*

«Frontiers in Behavioral  
Neuroscience», doi:  
10.3389/  
fnbeh.2010.00027,  
«Frontiers in Neural  
Circuits», doi:10.3389/  
fncir.2010.00009

У личинки дрозофилы всего 28 нейронов, которые анализируют запахи. Какие-то из них отвечают за неприятные запахи, а какие-то — за приятные, например ароматы плодов. Немецкие же ученые из университета Рур-Бохум под руководством профессора Клеменса Штёрткула сумели обмануть личинку мухи, и теперь она чувствует запах банана, если попадает под луч синего света.

Для этого биологи встроили в один из рецепторов ген, кодирующий светочувствительный белок. Активируясь при освещении, он возбуждает нейрон так, будто в него попал сигнал запаха. Профессор Штёрткул отмечает, что подобным способом легко изучать нейронные сети у животных, не вживляя в них электроды. Однако эта работа имеет еще и прямое отношение к созданию новых органов чувств. Например, если добиться активации обонятельных нейронов гамма-лучами, у радиации появился бы свой запах.

Кстати, другая немецкая группа во главе с Мазахиром Хасаном из Института Макса Планка по медицинским исследованиям использует белок-хамелеон для изучения возбуждения нейронов в живом мозгу. Часть этого белка светится синим, а часть желтым. Однако при соединении с кальцием соотношение двух цветов свечения меняется. Поскольку кальций проникает в нейрон при формировании потенциала действия, по изменению цвета можно судить о его электрической активности. Это позволит при изучении живого мозга заменить электрод на более щадящий инструмент — оптическое волокно.

# К вопросу о дефиците воды на планете

Нередко можно услышать, что пресной воды на Земле становится все меньше, а к 2025 году ее стоимость превысит стоимость нефти. Естественно, возникает вопрос: возможен ли дефицит воды на планете? С детства нас учили, что круговорот воды в природе обеспечивает стабильность ее запасов, а слухи наталкивают на мысль, что вода куда-то необратимо исчезает. Помочь разобраться в этом вопросе мы попросили заведующего кафедрой гидрологии суши географического факультета МГУ, доктора географических наук **Николая Ивановича Алексеевского**.

*Глоток воды открывает двери рая.*  
Норвежская поговорка

**В** школе нас учили правильно. Круговорот воды на Земле существует. В среднем за многолетний период времени он обеспечивает постоянный объем воды в гидросфере: она испаряется с поверхности океана и частично переносится на континенты, а потом выпадает на суше в виде осадков и возвращается обратно в океан в виде материкового стока. Поэтому общий объем воды в гидросфере за очень большие интервалы времени — константа (1388 млн. км<sup>3</sup>). Большие интервалы времени — это не десять лет и даже не сто, а многие тысячи и миллионы лет. А вот на более коротких интервалах объем воды, отдельно в Мировом океане и на суше, может изменяться. Эти изменения и порождают слухи о возможном глобальном дефиците воды. Сразу определимся: при *дефиците воды* ее объема не хватает (на некотором участке суши или во времени), чтобы удовлетворить потребности населения, хозяйства и сохранить условия для жизни организмов, населяющих водные объекты.

## Ресурсы

В широком смысле всю воду на нашей планете можно рассматривать как потенциальный ресурс. Основная масса воды на Земле — соленая (96,4%), пресной воды в жидком и твердом состоянии всего 3,6%. Конечно, мож-

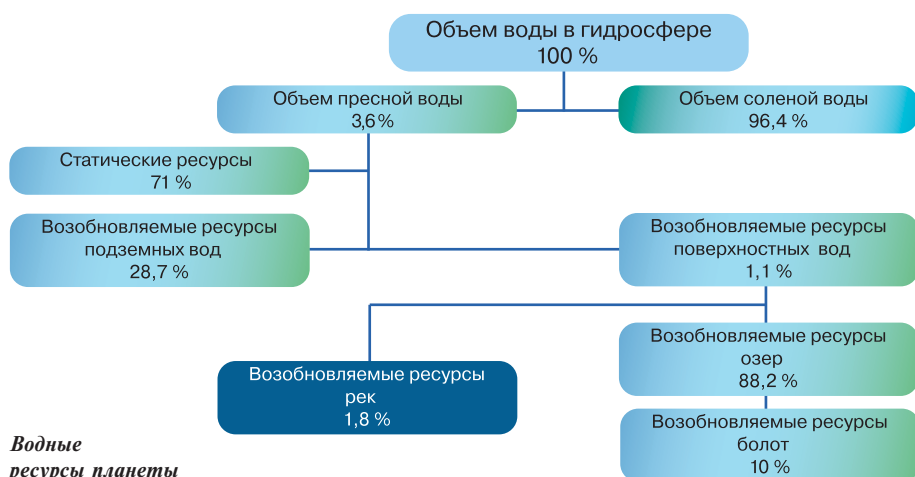
но использовать и соленую воду (технология ее опреснения активно применяют в странах Персидского залива), но брать пресную воду из водоемов удобней и выгодней. Поэтому чаще под водными ресурсами понимают только ресурсы пресной воды.

Впрочем, и они не везде одинаково доступны. Основная часть пресных вод на суше заключена в подземных льдах в зоне многолетней мерзлоты, в покровных и горных ледниках, в подземных водных горизонтах либо находится в атмосфере в виде водяного пара. Их можно задействовать (изъятие подземных вод, искусственная конденсация водяного пара), но это требует финансовых затрат. Поэтому в основном все ориентируются на ту воду, которая находится в озерах, водохранилищах, подземных водоносных горизонтах и в руслах рек.

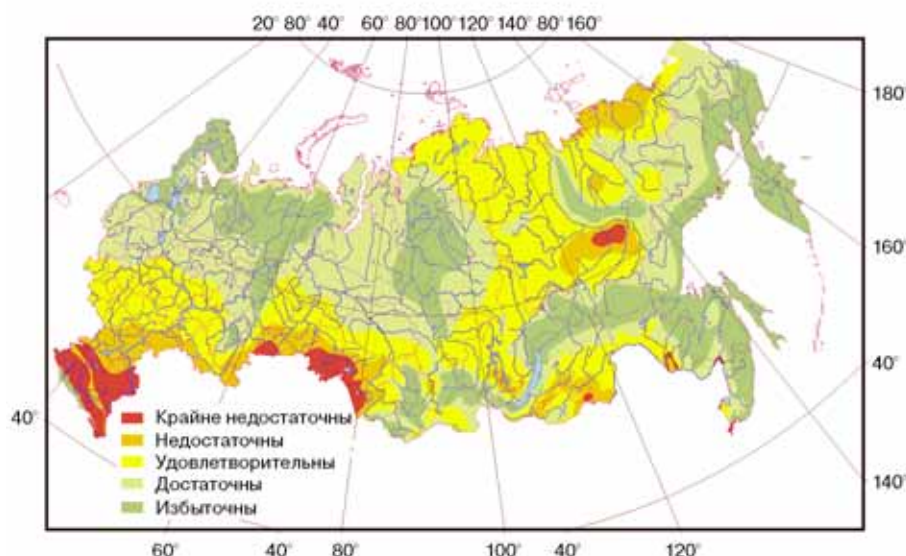
Эти водные ресурсы могут быть статическими и возобновляемыми (схема). Статические, или вековые, — та часть, которая практически не меняется от года к году, поэтому ее использование запрещено или ограничено (если ограничение не соблюдать, то запас истощится). Они составляют стратегический резерв человечества, который накапливался тысячелетиями. Довольно много пресной воды в болотах, но она плохого качества.

Получается, что мы можем расходовать на себя и на хозяйство только возобновляемые ресурсы пресной воды. К ним относятся частично озера, водохранилища, неглубокие подземные водоносные горизонты и реки. Реки — наиболее привлекательный источник, поскольку возобновляются быстрее всего (вода в реках планеты полностью обновляется в среднем за 16 суток). Но этот ресурс содержит всего лишь 1,8% от всего объема пресной воды гидросферы.

В результате при огромных запасах воды на Земле мы можем брать для своих нужд лишь небольшую ее часть. Причем надо иметь в виду, что и в реках необходимо оставлять достаточно воды для того, чтобы они не пересыхали и оставались элементом ландшафта, а также чтобы не только







**Водные ресурсы России  
в лимитирующие сезоны года**

выше, но и ниже водозабора могли нормально существовать водные обитатели. Какую часть возобновляемых ресурсов допустимо изымать — сложный и малоизученный вопрос. Нормативов нет, но, по некоторым оценкам, безвозвратно забирать можно не больше 25% возобновляемых ресурсов реки.

### Почему возникает дефицит воды

Предпосылки для природного дефицита воды есть — ведь, как мы выяснили, объем речных вод не очень велик. К тому же распределены они по странам и регионам неравномерно. Причем даже при большом их объеме дефицит возможен. Это зависит от площади страны, численности ее населения, географического положения, а также внутригодового распределения стока воды (табл. 1). Если же учесть все эти факторы, то окажется, что, например, в Китае (пятое место в мире по абсолютной величине возобновляемых водных ресурсов) на одного человека приходится 5750 л в сутки, или 2100 м<sup>3</sup>/год, а в Канаде — около 300 000 л/сут, или 109 000 м<sup>3</sup>/год. В этом смысле Канада — самая обеспеченная водой страна в мире. Россия находится на вто-

ром месте после Бразилии, но если рассмотреть ее ресурсы с учетом территории, то по этому показателю Россия переместится на последнее место среди наиболее обеспеченных водой стран.

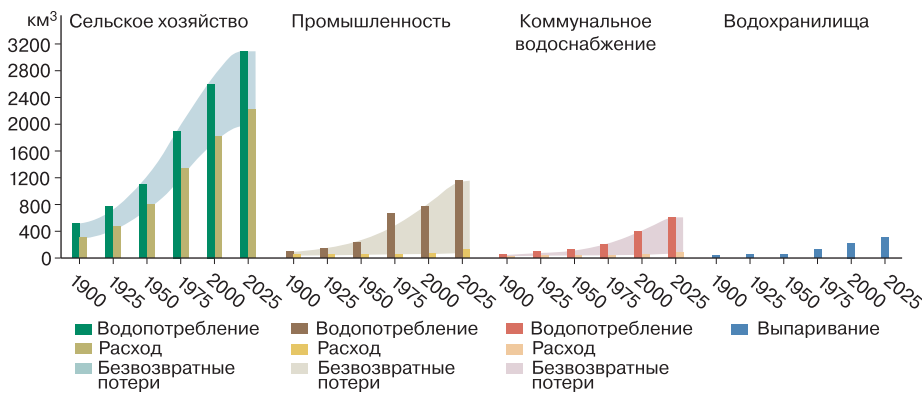
Что касается дефицита на конкретном участке суши, то он может быть постоянным или временным. Хотя объем воды на Земле — величина практически постоянная, обмен водными массами между океаном и сушей не всегда сбалансирован. В этой системе бывают периоды, когда с поверхности океана на сушу перемещается больше или меньше воды по сравнению с тем, сколько возвращается обратно с речным стоком. Если на сушу поступает больше влаги, чем возвращается в океан, то уровень океана понижается. Куда исчезает вода? Она аккумулируется в покровных и горных ледниках и «консервируется» в них на многие годы. В настоящее время взаимодействие между Мировым океаном и сушей таково, что с суши в океан поступает больше воды, чем переносится с поверхности океана на сушу. Причина — таяние ледников, а следствие — повышение уровня Мирового океана. Этот совершенно естественный процесс напрямую влияет на многолетнее изменение возобновляемых ресурсов пресной воды.

В различных природных зонах эти изменения отражаются по-разному. Например, на евразийском континенте и на территории России (карта) пресной воды в общем довольно много. Однако это совсем не означает, что ситуация абсолютно благополучная. На севере континента осадков относительно много, а испарение маленькое — здесь проблем нет. Наоборот, в зоне сухого климата — степях, полупустынях и пустынях — дождя и снега выпадает немного, а испарение превышает осадки. Местные возобновляемые водные ресурсы очень малы, что, конечно, создает региональный дефицит воды. Поэтому на значительных территориях юга России, стран Центральной Азии, Персидского залива, Пакистана и Индии уже сегодня существует нехватка воды, которая усугубляется потеплением климата. Если к тому же учесть социальные и экономические особенности (большое население, почти нет водосберегающих технологий), то тенденция очевидна.

Водные ресурсы зависят не только от климата, но также от размеров континента и рельефа местности. Например, на территории России при переходе от ее западных границ к восточным осадки распределяются неравномерно из-за гор (в частности, Уральских). Когда воздушные массы, насыщенные влагой с поверхности Атлантического океана, движутся на восток, выпадающие на этом пути осадки подпитывают разные водные объекты. Чем дальше от океана, тем меньше влаги остается в воздухе. На наветренных склонах гор воздушные массы поднимаются и охлаждаются, в результате выпадает больше осадков. После преодоления горного барьера воздушная масса опускается, ее температура повышается, а значит, и осадков будет меньше, и соответственно меньше воды поступит в реки. Такая ситуация, в частности, характерна для западных и восточных склонов Ураль-

**Таблица 1  
Возобновляемые водные ресурсы и обеспеченность стран водой**

| Страна   | Площадь, тыс. км <sup>2</sup> | Население, млн. 2000г. | Суммарные водные ресурсы, км <sup>3</sup> /год | Потенциальная водообеспеченность |   |
|----------|-------------------------------|------------------------|--|----------------------------------|---|
|          |                               |                        |  | территории в мм слоя             | населения тыс. м <sup>3</sup> в год на чел. |
| БРАЗИЛИЯ | 8510                          | 170                    | 8120   | 731                              | 42,2  |
| РОССИЯ   | 17080                         | 145                    | 4348   | 237                              | 28,7  |
| КАНАДА   | 9970                          | 30,8                   | 3420   | 330                              | 109   |
| США      | 9360                          | 280                    | 3048   | 310                              | 10,6  |
| КИТАЙ    | 9600                          | 1282                   | 2700   | 281                              | 2,1   |
| ИНДИЯ    | 3290                          | 1009                   | 2037   | 443                              | 1,7   |



1  
**Общие и безвозвратное водопотребление**

ских гор. Этот особый механизм определяет районное изобилие или дефицит водных ресурсов.

Очевидно, что к природному дефициту воды люди всегда приспосабливались. Селились вдоль рек, которые не только обеспечивали питьевой водой, но и давали возможность создать судостроение, организовать быт, хозяйство и даже оборону. Недаром сказано: «Реки — каркас развития цивилизации». Но постепенно растущее население и его хозяйство создали новый тип дефицита воды — техногенный. Ведь постепенно нарастал объем безвозвратного использования (человек забирал все больше воды, которая не возвращалась в реку или озеро). Больше становилось и сточных вод, которые ухудшали качество воды и ограничивали ее использование в дальнейшем или ниже по течению реки. Когда растут население и производство, даже при неизменности местных возобновляемых ресурсов пресной воды постепенно возникает ее *техногенный дефицит*.

Конечно, не везде он одинаково тяжел — это зависит от плотности населения и экономической специализации регионов. К 2000 году на всей Земле люди использовали 5190 км<sup>3</sup> речных вод в год (или 12,4 % от ежегодно возобновляемых ресурсов). Главные потребители воды — сельское хозяйство и промышленность. На

сельское хозяйство, по данным И.А.Шикломанова (рис. 1), идет больше всего воды (60%), причем главные ее потери связаны с испарением при орошении. На промышленность уходит 23% всей потребляемой воды, а коммунальное хозяйство забирает не так много — около 11%. Но в абсолютном выражении цифра получается внушительная.

### Как бороться с дефицитом

Техногенный дефицит воды можно и нужно преодолевать с помощью разных технологий водосбережения. Этот процесс уже начался. Если в прошлом практически во всех странах потребление воды непрерывно увеличивалось, то в 80-х годах прошлого века в экономически развитых странах начался перелом. Создавались менее водоемкие производства, внедрялись оборотные и повторные системы использования воды в производственных операциях, капельное орошение в сельском хозяйстве и многое другое. Все это дало свои плоды — темпы прироста водопотребления уменьшились (при этом в абсолютных цифрах объем еще нарастает). Конечно, для внедрения сбе-

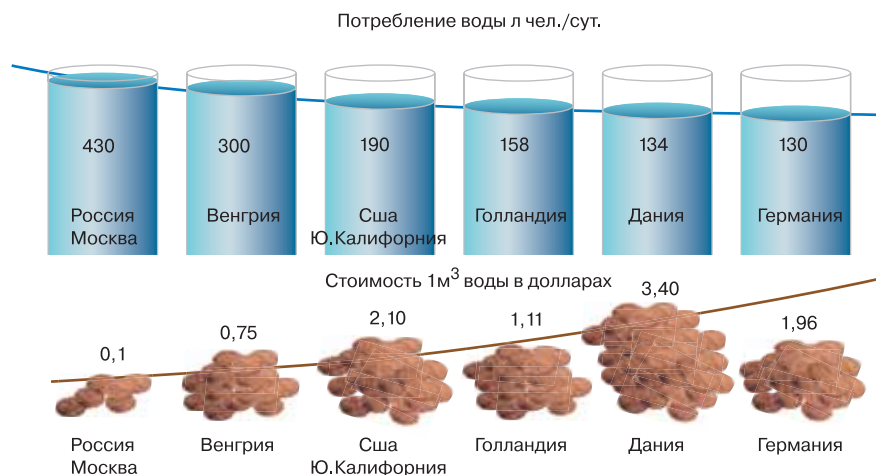
регающих технологий понадобились экономические инструменты регулирования — такие предприятия получали налоговые льготы. Но результат стоил того: появились дорогие технологии в промышленности, позволяющие выпускать килограмм продукции с меньшими затратами воды. В сельском хозяйстве эффективные подземные капельные системы орошения также резко снизили расходы воды и повысили урожайность с гектара (табл. 2). В России пока что самые высокие затраты воды на производство единицы сельскохозяйственной продукции.

Тем не менее ситуация у нас также изменяется в лучшую сторону. Например, в конце 90-х годов XX века на одного жителя Москвы расходовалось более 500 литров воды в сутки (эта цифра включала и затраты на водоснабжение промышленных предприятий). Прошли годы, и целенаправленная политика привела к тому, что все стали учитывать стоимость воды. Сегодня на одного москвича приходится 350—430 литров в сутки, и водопотребление устойчиво снижается. В этом отношении мы идем по пути, который уже прошла Польша: там до 90-х годов XX века существовал техногенный тип дефицита воды. Нам безусловно есть куда стремиться — ведь наши европейские соседи безболезненно снизили свои расходы питьевой воды примерно в три раза по сравнению с российскими (рис. 2).

Если смотреть в будущее, то дефицит воды в разных регионах планеты будет зависеть от изменений климата. Специалисты, по сути, сходятся в том, что проблема обострится там, где и сейчас есть трудности с водой и не хватает местных ресурсов. Наоборот, там, где воды в изобилии, ее станет еще больше. Ожидается, что в

Таблица 2  
**Средняя водоемкость (w, м<sup>3</sup>/т) и урожайность (v, кг/га), сельскохозяйственных культур в США и России**

| Культура | W, США | v, США | W, РФ | v, РФ |
|----------|--------|--------|-------|-------|
| Пшеница  | 849    | 27930  | 2375  | 16887 |
| Ячмень   | 702    | 31916  | 2359  | 16491 |
| Кукуруза | 489    | 84103  | 1397  | 21260 |
| Рожь     | 332    | 17489  | 2523  | 15697 |
| Овес     | 1024   | 21876  | 2744  | 14177 |
| Рис      | 1275   | 67690  | 2401  | 30199 |
| Гречиха  | 2850   | 10000  | 3641  | 6208  |
| Просо    | 2143   | 16849  | 2892  | 9337  |



2  
**Потребление и стоимость питьевой воды в мире**



нашей стране к середине XXI века из-за повышения температуры воздуха (и увеличения испарения) произойдет довольно сильное изменение водных ресурсов. Оно будет пропорционально изменению коэффициента сухости, то есть отношения максимально возможного слоя испарения к слою осадков. В результате уменьшится водоносность рек, расположенных южнее широты Воронежа. На севере европейской территории, наоборот, водные ресурсы возрастут.

Что делать с дефицитом воды в новых климатических условиях, сказать очень сложно, поскольку это зависит от многих факторов. Решать эту задачу будут, скорее всего, снижая затраты воды в технологических циклах, но не ущемляя пользователей. Придется более полно использовать местные водные ресурсы. В этом смысле сеть водохранилищ, созданная в СССР, должна быть хорошим подспорьем. Эти водохранилища помогут справиться с проблемой в маловодные периоды и сезоны.

В любом случае проблема нехватки воды в разных регионах будет решаться в зависимости от причин ее возникновения и местных возможностей. И ни одно из решений не должно быть упущено. Речь идет и о таких непопулярных среди «чистых» экологов проектах, как перераспределение части ежегодно возобновляемых водных ресурсов. Кстати, этот метод оказался исключительно актуальным и эффективным для обеспечения водой Московского региона. В определен-

ной мере это можно сказать и о системе перераспределения стока реки Кубань в пользу бассейнов рек Егорлык и Калаус, а также об использовании терских вод для увеличения водных ресурсов бассейна реки Кума в Северо-Кавказском районе. Как и в аналогичных ситуациях в других странах, решение принимали, учитывая все плюсы и минусы для населения, хозяйства и природной среды — все изменения, которыми отзовется перераспределение части возобновляемых ресурсов (обычно не больше 10%). Конечно, чисто теоретически лучше не менять природную структуру водных объектов, но как объяснить жителям засушливых регионов, что невозможно перераспределить так необходимую им воду?

Тем более что это активно используют во всем мире. К концу 80-х годов прошлого века в мире ежегодно перераспределяли около 400 км<sup>3</sup> воды (для сравнения: возобновляемый ресурс в устье Волги равен примерно 245 км<sup>3</sup>, а в низовьях самой водоносной реки Амазонки — около 6300 км<sup>3</sup> в год). В настоящее время объем перераспределения стока рек еще больше. Основная доля приходится на Канаду, США, Индию и Китай. На территории бывшего Советского Союза перераспределялось около 40 км<sup>3</sup>/год.

Там, где системы перераспределения части стока рек созданы и эксплуатируются грамотно, они, безусловно, дают желаемый социальный и экономический эффект (есть, конеч-



## МИФЫ НАШЕГО ВРЕМЕНИ

но, и негативные последствия). В нашей стране внутрибассейновое перераспределение части Волги в пользу Москвы-реки обеспечило надежное водоснабжение Московского региона питьевой водой. Жители Калифорнии с гордостью говорят о положительном эффекте, который дало использование вод реки Сакраменто — они питают систему оросительных каналов в безводных районах штата. Вода обеспечила работой многомиллионное население этого засушливого региона США. Продовольственные проблемы, занятость и выравнивание экономического развития разных регионов Китая также строятся на планах перераспределения небольшой части стока крупных и средних рек страны. Следовательно, этот метод решения проблемы дефицита воды, как и другие, имеет право на существование. Главное — хорошо подумать и взвесить все «за» и «против».



## Цифры

Единица измерения расхода воды — кубические метры за секунду, м<sup>3</sup>/с. Один кубический метр весит 1 тонну и равен 1000 литрам воды.

Кубический километр воды — это 1 миллиард кубических метров, или объем воды, содержащийся примерно в 300 000 олимпийских плавательных бассейнах.

Самая многоводная река мира (Амазонка) имеет средний годовой расход воды около 200 000 м<sup>3</sup>/с. На территории России самый большой расход воды у Енисея (18 300 м<sup>3</sup>/с), а наиболее водоносная река Европы Волга несет в Каспийское море в среднем 7770 м<sup>3</sup>/с.

Сток воды в реках и водные ресурсы оценивают в кубических километрах, например, сток упомянутых рек равен

соответственно 6300, 577 и 245 км<sup>3</sup>/год. Объем ежегодно возобновляемых речных пресных ресурсов на Земле — 41 700 км<sup>3</sup>.

Чтобы вырастить килограмм риса, необходимо от 2000 до 5000 литров воды. Это больше, чем некоторые домохозяйки используют в быту за неделю. Для получения килограмма пшеницы и картофеля требуется соответственно 1000 и 500 литров.

Нужно 24 000 литров воды, чтобы выросло достаточно корма для последующего производства одного килограмма говядины, и 2000—4000 литров, чтобы получить литр молока. На изготовление килограмма сыра «чеддер» уходит 5000 л воды, килограмм сахара — 3000 л, кофе — 20 000 литров.

На выплавку 1 т чугуна и перевода его в прокатную сталь уходит 50 000—250 000 л\*. Производство 1 т азотной кислоты требует 80 000—180 000 л, синтетического волокна — 1 000 000 л, целлюлозы — 200 000—400 000 л.

Чтобы эффективно работала ТЭС мощностью 1 млн. кВт, для охлаждения ее агрегатов нужно 1—1,6 км<sup>3</sup> воды в год, а аналогичная по мощности АЭС ежегодно потребляет 1,6—3 км<sup>3</sup> воды.

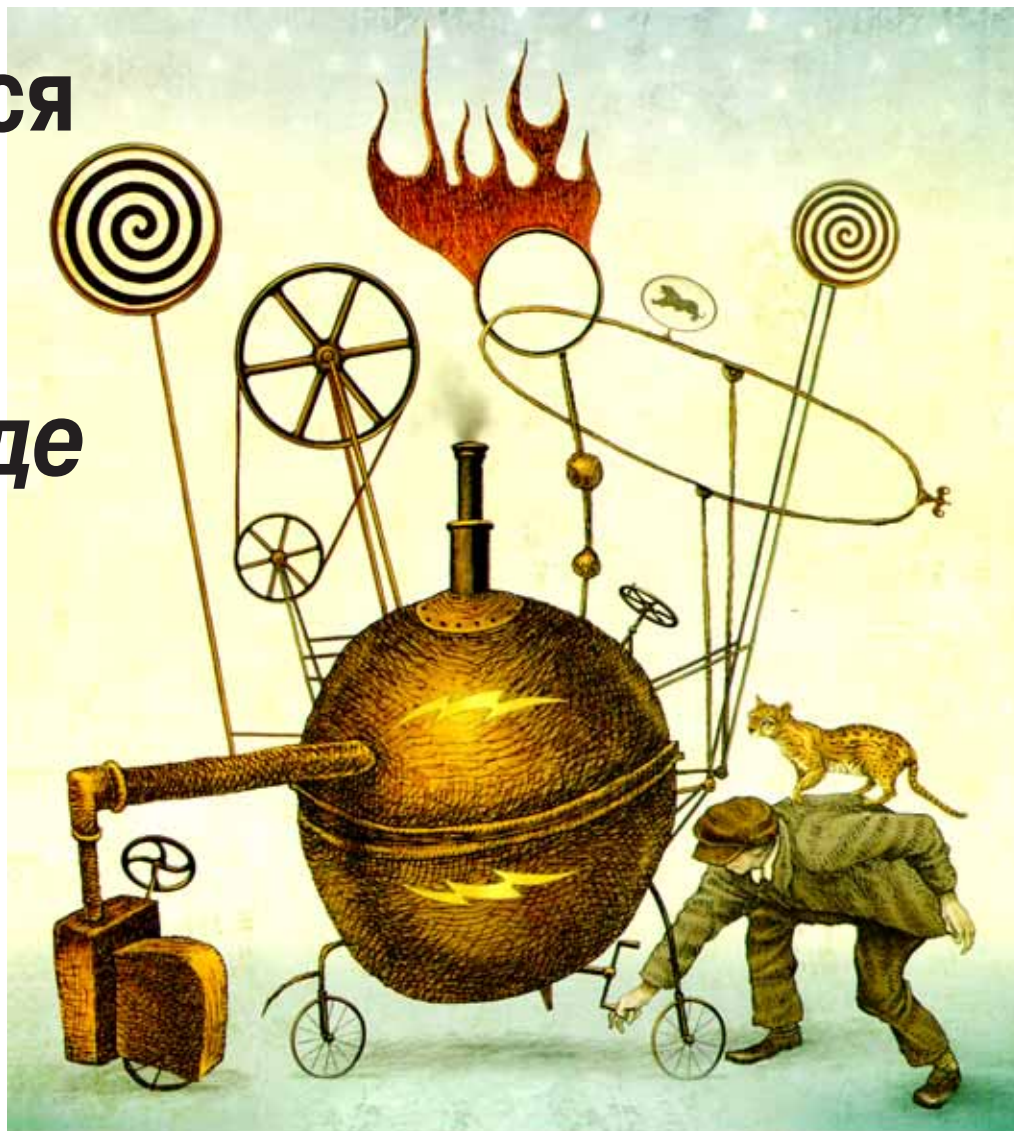
\* Меньшие цифры в указанных «вилках» — это потребление воды при применении передовых технологий.

# Заправимся гексаном, поедем на водороде

**Н**аселение мегаполисов, страдающее от загрязнения атмосферы, с нетерпением ждет, когда автотранспорт будет переведен на экологически чистое топливо. Работы в этом направлении ведутся во многих странах, в том числе и в России, но пока все упирается в то, что самое экологически чистое топливо (водород) — очень взрывоопасное вещество.

При соблюдении жестких правил техники безопасности, подобных применяемым на космодромах, заправить автотранспортное средство газообразным водородом под давлением 20—40 МПа (200—400 атм) в принципе можно, хотя лучше это делать за пределами города. Однако любое серьезное дорожно-транспортное происшествие с разгерметизацией баллонов приведет к образованию опасной смеси водорода с воздухом, которая может взорваться от любой случайной искры. При взрыве килограмма водорода, смешанного с кислородом воздуха, выделится столько же энергии, сколько при взрыве 34,2 кг тротила. (Для сведения: 1 кг газообразного водорода под давлением 200 атм занимает объем 56 литров.) Взрывоопасные ситуации могут возникать и при стоянке транспорта в плохо вентилируемых гаражах, если износ запорных клапанов приведет к утечке водорода из баллонов. И уж вовсе недопустимо заправлять автотранспорт жидким водородом (температура — минус 250°C), так как он будет все время испаряться в топливном баке и выделяться в окружающую среду.

Поэтому исследователи пытаются подобрать экологически чистое топливо, менее взрывоопасное, чем водород, и одновременно пригодное для использования в современных двигателях внутреннего сгорания без их существенной переделки. Так, бензин и солярку предлагают заменить синтетическими продуктами (например, метанолом, этанолом, диметиловым эфиром). Считается, что в этом случае двигатель внутреннего сгорания легче сделать экологически чистым, если еще поставить на выхо-



де нейтрализаторы вредных газов (то есть адсорбционные поглотители). Они должны работать в паре с каталитическими преобразователями самых вредных компонентов выхлопа — угарного газа и оксидов азота.

Эти предложения не находят пока широкого применения. Кстати, применять метанол и подобные ему энергоносители тоже опасно: в атмосферу могут попадать высокотоксичные продукты их неполного сгорания, например, при резком повышении мощности двигателя. Что касается каталитических преобразователей (дожигателей) угарного газа, то их применение не спасает атмосферу от попадания в нее углекислого газа.

Может показаться, что проблема создания экологически чистого двигателя зашла в тупик. К счастью, ее можно решить обходным путем. Для этого прежде всего потребуются перейти с поршневых двигателей внутреннего сгорания на электрохимические преобразователи энергии водорода, в которых водород беспламенно окисляется кислородом воздуха в специальных каталитических ячейках, а энергия, выделяемая при этой реакции, непосредственно преобразуется в электрическое напря-

жение, подаваемое, в свою очередь, на электрический привод колес.

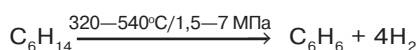
Главная задача при этом — разработать устройство, способное накапливать достаточное количество водорода и при необходимости выделять его. (Разумеется, оно должно удовлетворять требованиям безопасности.) Для решения этой задачи я предлагаю установить на транспортное средство реактор. В нем пары специально выбранного углеводородного (УВ) топлива будут подвергаться риформингу — под действием высокой температуры и давления в присутствии катализатора разлагаться на составные элементы, в том числе и водород.

Как же выбрать такое топливо, если учесть, что число одних лишь известных углеводородных соединений превышает несколько тысяч? Прежде всего энергоноситель должен состоять только из двух элементов: водорода и углерода; соотношение количества атомов в нем должно быть если не максимальным, равным четырем (как в метане), то близким к нему. Он должен иметь минимальную энергию диссоциации, находиться в жидкой фазе в диапазоне температур от -60 до +60°C и при нормальном давлении, поскольку газооб-

разное состояние резко повышает его взрывоопасность. Он не должен обладать токсичными, канцерогенными, наркотическими свойствами. Производство энергоносителя должно соответствовать возможностям отечественных заводов оргсинтеза, а еще лучше — быть уже освоенным.

Наиболее полно всем вышеперечисленным требованиям, по моему мнению, отвечает *n*-гексан C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>. Его молекула состоит только из углерода и водорода, отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода составляет 2,33. В диапазоне температур от -94 до +69°C и давлении, близком к нормальному (до 3 атм), *n*-гексан находится в жидкой фазе. Кроме того, его выпускают отечественные заводы при отпускной цене, сопоставимой со стоимостью бензина. Он малотоксичен, не канцерогенен, его не спутаешь с этиловым спиртом, как метанол. Заметим также, что *n*-гексан — нежелательный компонент многих нефтей (из-за низкого октанового числа). Например, нефть Ромашкинского месторождения содержит 26,2% *n*-гексана.

Риформинг *n*-гексана может быть как полным (с разложением на водород и сажу), так и частичным (до водорода и бензола). Первый вариант мы рассматривать не будем, потому что удалить из реактора сажу трудно. Нас будет интересовать только второй способ, при котором *n*-гексан разлагается на водород и бензол. Этот процесс идет при вполне приемлемых условиях: температура от 320 до 540°C и давление от 15 до 70 атм (условия диссоциации могут быть облегчены за счет применения катализаторов). Реакция проходит с поглощением тепловой энергии. Извлечь ее можно, если сжигать часть водорода, получаемого при риформинге *n*-гексана:



Для оптимизации условий реакции в реакторе необходимо автоматически поддерживать на заданном уровне температуру и давление. Первым параметром можно управлять, регулируя мощность электронагревателя, а вторым — с помощью механического насоса.

Посмотрим энергетику процесса. При образовании одного грамм-моля *n*-гексана из атомов углерода и водорода выделяется 1527,4 ккал, а при образовании одного грамм-моля бензола — 1050,9 ккал. При разложении этих веществ на атомы такое же количество энергии требуется затратить. Значит, при полном разложении одного грамм-моля *n*-гексана на атомы нужно затратить 1527,4 ккал, из которых 1050,9 ккал компенсируются в результате образования одного грамм-моля бензола. Итого: 1527,4 – 1050,9 = 476,5 ккал, которые потратились на высвобождение восьми грамм-атомов водорода и создание од-

ного грамм-моля бензола. При слиянии восьми грамм-атомов водорода в четыре грамм-молекулы выделяется 4x103,4 ккал, таким образом, на высвобождение четырех грамм-молей водорода и одного грамм-моля бензола из одного грамм-моля *n*-гексана необходимо в итоге затратить

$$476,5 \text{ ккал} - 413,6 \text{ ккал} = 62,9 \text{ ккал.}$$

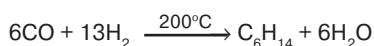
Для обеспечения автономности процесса — то есть без подвода энергии извне — часть высвободившихся молекул водорода должна пойти на обеспечение энергией всего процесса. Эта часть равна: 62,9 ккал / 68,4 ккал/г-моль = 0,92 г-моль водорода.

Итак, из одного грамм-моля *n*-гексана (86 г) с теплотворной способностью 990 ккал/г-моль в нашем распоряжении для питания электрохимической ячейки оказывается 3,08 г-моля водорода с суммарной теплотворной способностью 210,7 ккал, то есть 21,3% от первоначальной теплотворной способности одного грамм-моля *n*-гексана.

Может сложиться впечатление о неэкономичном использовании залитого в бак горючего, поскольку в предлагаемом решении не задействована теплотворная способность бензола, составляющая 80% от теплотворной способности *n*-гексана. Однако следует иметь в виду, что у электрохимического преобразователя КПД более чем в два с половиной раза выше, чем у традиционных двигателей внутреннего сгорания, КПД которых находится на уровне 30%. Таким образом, поездка на *n*-гексане потребует примерно вдвое больше топлива, чем такая же поездка на бензине. Но это — плата за «чистый» выхлоп автомобиля, который при использовании *n*-гексана будет содержать только азот и пары воды.

Собираемый на заправочных станциях бензол следует возвращать на те же заводы оргсинтеза, которые будут поставлять *n*-гексан в розничную сеть, в тех же автомобильных и железнодорожных цистернах, в которых на эти станции везут *n*-гексан.

Воспроизводить *n*-гексан из бензола на заводах оргсинтеза можно по разным схемам, в том числе и по давно известному методу Фишера — Тропша: после разложения бензола на углерод и водород окислять углерод до СО, затем СО в присутствии катализатора на основе соединений кобальта соединяется с водородом:



Конечно, заводы оргсинтеза, специализирующиеся на выпуске моторного топлива будущего, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>, должны быть размещены в зонах с минимальной стоимостью электроэнергии, например вблизи крупных ГЭС или АЭС.

Предлагаемая концепция перевода автотранспорта с продуктов крекинга



## ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

нефти на *n*-гексан обеспечивает решение экологических проблем, но не снимает зависимости автотранспорта от невозобновляемых запасов нефти или от электроэнергетических ресурсов. Эти ресурсы определяются запасами угля, урана, энергией рек, не говоря уже об ожидаемом в будущем решении проблемы управляемого ядерного синтеза

В заключение скажем, что, если предлагаемая концепция будет реализована, качество окружающей среды в мегаполисах и на автострадах значительно улучшится. При этом использование *n*-гексана вместо бензина практически не увеличивает опасность взрыва. Если при дорожно-транспортном происшествии разрушится реактор объемом 1 л, в котором происходит диссоциация *n*-гексана, то мощность взрыва водорода, вырвавшегося из него, после перемешивания с атмосферным кислородом будет эквивалентна взрыву всего лишь 17 г тротила. Это легко нейтрализовать средствами защиты.

Кандидат технических наук

**А.А.Биршерт**

### От редакции

Проект интересен тем, что водород предлагается связывать не физико-химически (например, абсорбентами), а химически — на время привязывая его к углероду, а перед использованием освобождая в реакции термической диссоциации. Здесь возникают сомнения: а не будет ли диссоциация неполной, не породит ли она массу побочных газообразных и жидких продуктов кроме водорода и бензола? Выделение бензола в окружающую среду через неплотные соединения, конечно, не будет так опасно, как выделение водорода, но тоже нежелательно, если мы создаем новый автомобиль для защиты окружающей среды.

### Что еще можно почитать

#### об альтернативных видах топлива:

**Розовский А.Я.** Новое топливо из природного газа. Химия и жизнь, 2002, №5, с. 8–11.

**Лагутин Б.** Водородный автомобиль. Химия и жизнь, 2003, № 4, с. 8–13.

**Мордкович В.З.** Трезвый взгляд на водородную энергетику. Химия и жизнь, 2006, № 5. С. 8–11.



# Булатные мифы



ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

С булатом связано немало противоречащих друг другу мифов. Вот некоторые из них: булат — это сталь, секрет его утерян в древности, главная отличительная черта булата — узор на клинке, плавить булат надо с экзотическими деревьями и цветами, калить булат надо в теле раба, булат надо легировать, термически обрабатывать булат нельзя, а при ковке булата надо складывать заготовку сотни или даже тысячу раз. Даже само восстановление технологии булата П.П.Аносовым породило миф: мол, ученый съездил в Индию, нашел старого мастера и под пыткой вырвал у него секрет булата. Статья А.В.Шалдина о нанотехнологиях прошлого (см. «Химию и жизнь», 2010, № 1) в главе «Восток — дело тонкое» создает еще один: оказывается, внутри булата присутствуют углеродные нанотрубки, отсюда и особые свойства. На самом деле, все совсем не так.

Прежде всего, называть булат сталью нельзя. К сталям металлурги относят железоуглеродные сплавы с содержанием углерода до 2 вес. %, а в булате углерода бывает даже больше, чем в чугунах — до 8%! Характерная черта булата — сильная химическая неоднородность, по сути, это — композит: зерна карбида железа  $Fe_3C$  (его называют цементит), «склеенные» мягким железом с малым содержанием углерода.

Позвольте, однако, обосновать свое моральное право на критику. С деталями черной металлургии я неплохо ознакомился еще в юности, в техникуме. Затем прошел курс художественного металла в Строгановке под руководством признанного специалиста А.В.Флерова, и, что весьма важно, сам немало постоял у наковальни. Да и вообще на нашем отделении только ленивый не попробовал своих слабых сил в ковке булата. Под булатом (иногда неточно именуемым «дамаском») чаще всего подразумевают булат сварной, или кузнечный. Но куда более высоким качеством обладает древнеиндийский булат «вутц», получаемый методом литья. Интересным источником по этому вопросу служит книга, написанная в 80-е годы группой сотрудников киевского Института электросварки им. Е.Б.Патона. Они провели множество научных исследований и сделали образцы разных сортов булата, чем выгодно (я бы сказал, решающим образом) отличаются от многих теоретиков. Исследователи полностью восстановили древние технологии, в том числе и легендарного вутца. В двух словах: цементитную крошку заливают железом и быстро охлаждают. Это обеспечивает не только изотропность материала, но и четкое разделение композита на фракции железо/цементит. Как видим, «все очень просто», только не пытайтесь немедленно повторить процесс на кухне: ничего наверняка не получится. И не только потому, что описание крайне схематично. Необходим огромный опыт, то самое «чувство металла» в пальцах, которое достигается годами, плюс множество тонкостей для каждой операции.

Среди прочих есть и еще одно неперемное условие, оговоренное патоновцами: отсутствие любых



примесей; высочайшие качества киевских образцов не в последнюю очередь обусловлены применением очень чистых железа и углерода. Добиться высокой чистоты этих веществ можно, но их себестоимость станет высокой. Миф об особой роли присадок в булате возник, очевидно, естественным путем, по аналогии с легированными сталями, что, конечно, его нимало не оправдывает. Преломившись в общественном сознании, этот миф породил устойчивую дезу относительно японских клинков, даже две деэ. Хорошо известно, что японские руды содержат марганец, что позволяло получать прекрасную, естественно-легированную «обычную» сталь для клинков. А вот японские булаты стоят особняком: марганец ощутимо ухудшал их качество, так что разговоры об их каких-то запредельных достоинствах — чистый миф местного происхождения.

Подобные мифы совсем не безобидны. К примеру, легенда об узорочье как о главном атрибуте булата привела к бессмысленной растрате усилий неисчислимой армии специалистов. Получить требуемый узор несложно, однако это еще не гарантия, что из-под молота вышел настоящий булат (чему я и сам был свидетелем). Поэтому в мире имеется огромное количество фальшивых булатов, даже в музеях, и не все их создатели — заведомые обманщики.

Еще один миф, особенно популярный на Западе: секреты булатов надежно забыты. Это не правда: Павел Петрович Аносов восстановил его в Златоусте почти сто пятьдесят лет тому назад, а его книга была в 40-х годах XIX века переведена на все европейские языки. Из нее следует, что весь комплекс свойств булатов исчерпывающе описывается в рамках «макромодели». Образование наноструктур, найденных учеными из Дрезденского технического университета — можно сказать, частность, побочный и не универсальный эффект. Их работа напоминает образчик распространившейся квазинауки, которая обращена в первую очередь не к установлению истины, а к сенсации: к «общественному мнению», включая потенциальных спонсоров.

У читателя может возникнуть недоумение: если секреты булата не существуют, то почему же мы не пашем булатными плугами, как мечтал Аносов? У патоновцев есть ответ и на этот вопрос: они сами «приговорили» булат, указав на его высокую себестоимость. Выгоднее использовать для конкретных задач (будь то разрезание газовых платков или рубка гвоздей) специализированные легированные стали и сплавы. Весь комплекс свойств булата, в полном объеме, может быть использован лишь в крупном рубящем оружии, но никому не придет в голову вооружать современный полк мечами. Так что единственная ниша булата сегодня — выставочное, сувенирное и коллекционное оружие. Стоит это бешеных денег, ниша чрезвычайно узкая и, честно говоря, мастеров не кормит. Зато дает повод для законной гордости — а это тоже очень важно для человечества.

Раиль Кунафин



# О булатах



АРХИВ

**П.П.Аносов**

Письмо Раиля Кунафина столь заинтересовало редакцию, что возникло желание заглянуть в записки самого П.П.Аносова. Напомним, что он — один из основоположников отечественной металлургической науки. Двадцатилетнего Павла Аносова, блестяще окончившего в 1817 году Петербургский горный корпус, направили на заводы Златоустовского горного округа. В 1831 году он стал директором заводов округа, дослужился до чина генерал-майора, а в 1847 году получил назначение на Алтайские горные заводы и вдобавок стал гражданским губернатором Томска. Уже в 1827 году Аносов предложил способ закалки кос

в сгущенном воздухе, что позволило отказаться от их импорта из Австро-Венгрии. Он же организовал производство литой стали, нашел на Урале материалы для изготовления наждака и тиглей (их стоимость после этого снизилась с 25 рублей до 44 копеек), восстановил технологию булата. Биографы также упоминают интересный способ получения золота за счет растворения содержащих его минералов в чугуне и последующей очистки ценного металла от железа с помощью кислоты.

Статья П.П.Аносова «О булатах», впервые опубликованная в 1841 году, подводит итог многолетним поискам технологии этого материала. Статья длинная, поэтому ниже приводим отдельные фрагменты, в том числе в пересказе и с комментариями.



## Общие понятия о булатах

«Булатами называется всякая сталь, имеющая узорчатую поверхность; на некоторых булатах узор виден непосредственно после полировки, а на других не прежде, как поверхность ее подвергнется действию какой-либо слабой кислоты. Сок растений или уксус, приготовляемый из пива, может заменить кислоту. Обнаруживание узоров называется вытравкою. Узоры на стали могут быть весьма различны, но не всякая сталь с узорами должна быть названа булатом. На обыкновенной стали рисовкою и травлением наводят иногда узоры, подобные булатным; но как бы тщательно они сделаны ни были, опытный глаз не затруднится распознать искусство, не зависящее от свойства стали. Такие булаты называются ложными.

Другой род булатов имеет хотя искусственные узоры, но заключающиеся в самом металле, так что сколько бы раз ни повторяли полировки и вытравки, они снова появляются. Эти булаты известны под именем искусственных, или сварочных. Они получаются чрез многократную сварку как различного рода стали между собою, так и с железом.

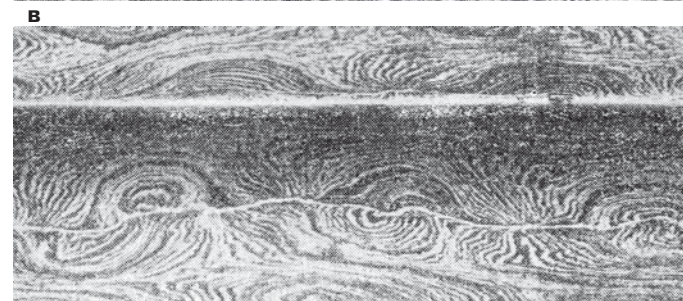
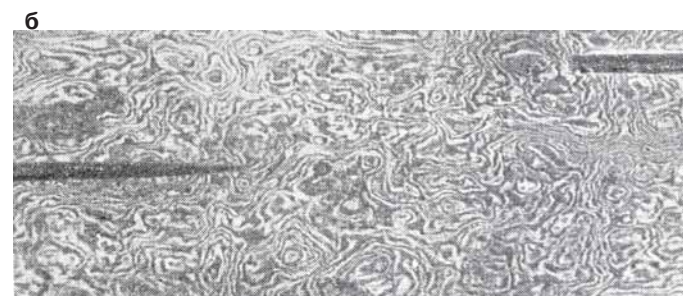
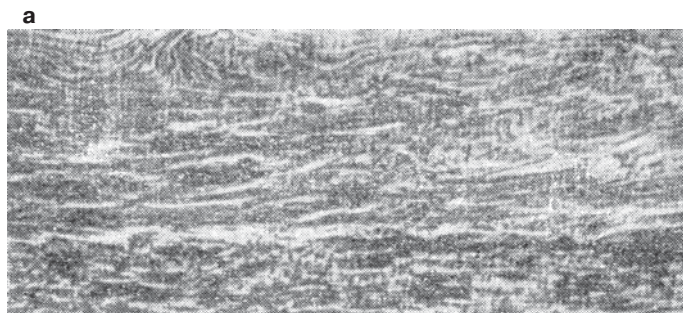
Достоинство обоих булатов может быть различно и зависит частью от качества первых материалов, частью от искусства мастеров. Сварочные булаты, отличающиеся внутренним достоинством, приготовляются преимущественно в Азии, например в Индии, Турции и Грузии, и в особенности теми из мастеров, которые знакомы с обработкой настоящих булатов; но европейские сварочные булаты не приобрели особенной известности, ибо внимание европейских мастеров обращено более на образование узоров, нежели на улучшение качества металла; оттого сварочные булаты, например солингенские и клингельтальские, хотя имеют узоры, но лишены других признаков, определяющих достоинство булата. Впрочем, как бы совершенны ни были сварочные булаты, они не могут равняться с хорошими настоящими; ибо, будучи сплавлены, теряют узоры.

Настоящий булат отличается от сварочного неподражаемым для искусства расположением узоров, происходящим от состава металла, и тем еще, что при переплавке не теряет узоров, но претерпевает большее или меньшее изменение в расположении их, смотря по тому, как предпринята была переплавка и какое влияние имела она на изменение в составе металла.

Сколько мне из собранных сведений и образцов известно, в Азии разделяют булаты на многие роды. Это разделение основано или на местности, где их приготовляли и готовят, или на различии способов приготовления, или на свойствах самого металла. Известнейшие из них суть: табан, кара-табан, хорасан, кара-хорасан (от провинции в Персии, называемой Хорасан), гынды, кум-гынды, нейрис и шам (слово «шам», по уверению капитана английской службы Эбота, есть простонародное название Сирии, почему «шам» означает собственно сирийский булат; по городу Дамаску в Сирии он называется иногда дамасковым).

Индийский вутц также принадлежит к булатам. Достоинство булатов познают азиатцы по узору, по цвету грунта, или промежутков между узорами и по отливу поверхности при косвенном направлении лучей света. Азиатцы полагают: чем крупнее, явственнее узор, тем выше достоинство металла. Узор почитается крупным, когда достигает толщины нотных знаков, средним, когда не толще обыкновенного письма, и мелким, когда можно заметить его невооруженным глазом.

Грунт в булатах бывает или серый, или бурый, или черный. Чем он темнее, тем выше достоинство булата. Иные булаты не имеют отлива, другие отливают красноватым, а иные золотистым цветом. Чем явственнее отлив и чем более он приближается к золотистому, тем выше достоинство металла. Достоинство булатов может быть познаваемо также по звону: чем он чище и продолжительнее, тем выше достоинство металла; но как признак сей находится в зависимости от формы и отделки изделий, то не признается верным. Лучшими булатами почитается табан, кара-табан, кара-хорасан, а худшим шам, который заключает в себе преимущественно продольные узо-



*Д.К. Чернов выковал из литого булата кинжал с волнистым рисунком (а), характерным для булата гынды. В его коллекции был и клинок с колечатым рисунком (б), это литой булат высшего качества. Видно, сколь узор на литом булате отличается от такового на клинке из сварочного булата (в)*

ры. Грузинские мастера уверяют, что искусство готовить табан потеряно в самой Азии около 600 лет и что прочие два рода весьма редки в настоящее время.

Слова грузинских мастеров подтверждаются историческими сведениями о дамасских клинках, сообщенными английским ученым Вилькинсоном. Он говорит (в статье о причинах образования узоров на булатах, помещенной в журнале Королевского азиатского общества 1837 года): город Дамаск прославился во всем свете мануфактурами сабельных клинков, но Тимир-Ланг, покорив Сирию в начале XIV века, увлек в Персию всех мастеров, и с того времени выделка оружия в Дамаске пришла в упадок, а потомки тех мастеров, рассеявшись по Востоку, потеряли искусство.

Вышеописанные признаки, как мною дознано многими сравнительными опытами, вернее определяют достоинство металла, нежели все средства, употребляемые европейскими мастерами: последние дают токмо приблизительное понятие о достоинстве стали и притом большей частью в то время, когда она находится в работе, а не в виде готового изделия, о котором остается судить по пробе, соответственной употреблению.

Таким образом, при покупке готового изделия, все ручательство в достоинстве ограничивается клеймом фабриканта. Но опытный в выборе булатных изделий азиатец не ошибется в достоинстве без пробы и, увидев кого-либо усиливающегося распознать достоинство вещи, например сабли, кинжала, ножа, рубкой по железу или слесарской пилой, наверное, улыбнется, ибо твердость может быть условна и зависеть от степени закалки. Если булат надлежащим образом вытравлен, то пробы излишни; без них видно: вязок или хрупок, тверд или мягок, упруг или слаб, остр или туп металл.





Примечание. Образцами древних булатов я имел случай пользоваться от Оренбургского военного г. губернатора, генерал-адъютанта, Василия Алексеевича Перовского, обладающего богатым собранием азиатского оружия, который, по любви к наукам и искусствам, принимал особое участие в моих изысканиях и способствовал к приобретению сведений о булатах. Впоследствии я видел многие собрания в С. Петербурге, доказывающие, как высоко ценится в России работа древних азиатцев. Достопримечательнейшие и богатейшие из них находятся в Царскосельском арсенале, принадлежащем государю императору, весьма замечательны по выбору образцов и по их достоинству, собрания его императорского высочества цесаревича великого князя Александра Николаевича и его высочества великого князя Михаила Павловича. Из частных собраний замечательнейшие находятся у князя Петра Дмитриевича Салтыкова и начальника штаба Корпуса горных инженеров Константина Владимировича Чевкина»...

## О наружных признаках булатов

«Пока не сделано точного химического разложения главнейшим видам булатов, невозможно разделять их по количеству составных частей, да и едва ли скоро разложения будут столь совершенны, что определяют в точности количество чистого железа и количество углерода.

На первый раз я полагаю достаточным ограничиться наблюдениями, выведенными из опытов о булатах.

**а.** Крупность и явственность, или возвышенность над грунтом, узоров определяет количество угля, а различное расположение их — различные степени совершенства в соединении угля с железом. Количество угля в самых крупных и явственных узорах, может быть, кажется одинаково с чугуном (до 5/100 — т.е. пяти весовых процентов. — *Примеч. ред.*) и при самых слабых и мелких со сталью (до 1/100). В последнем случае чем крупнее узоры, тем менее они отличаются от грунта.

**б.** Грунт булатов и цвет самих узоров означают степень чистоты железа и углерода; чем он темнее и блестящее и чем узоры белее, тем чище металл, но при каком количестве и каких именно примесей цвет грунта сливается с цветом узоров и металл перестает быть булатом — это должны определить последующие изыскания.

**с.** Отлив. Опыты с различными графитами убедили меня, что и в самых булатах углерод находится в различном состоянии и что в этом отношении прямой указатель есть отлив. По моим замечаниям, соединение собственно углерода с железом можно допустить токмо в булатах, имеющих золотистый отлив, как, например, в табане и хорасане древних, а в тех, которые отливают красноватым цветом, заключается в углероде посторонняя примесь, как, например, в кара-табане; наконец, в тех, которые не имеют отлива, углерод приближается к состоянию обыкновенного угля. Такие булаты, при значительном количестве угля, бывают хрупки, как, например, многие карахорасаны»...

## О ценности булатов и употреблении их

«Может быть, спросят меня, что же лучше: булат или английская сталь? На этот вопрос я повторю прежде выведенные правила: 1) что булат лучше всякой стали, из которой он приготовлен; 2) что английская сталь может быть по предложенному мною способу также обращена в булат и 3) что этот булат будет весьма посредствен. Он обнаружит мелкие узоры, и то не прежде, как при вытравке. Таким образом, все булаты, обнаруживающие узоры в полосах при точке и полировке без предварительной вытравки, должны быть предпочтены английской литой стали. Сверх того, те булаты, которые при мелких узорах будут иметь грунт и отлив выше английской стали, будут выше и по внутреннему достоинству. Эти краткие технические правила, основанные на результатах исследований о булатах и стали, не требуют, кажется, дальнейших пояснений.

Здесь скажу только, что известия, сообщенные нам путешественниками о достоинстве некоторых азиатских булатов, отнюдь не столь преувеличены, как многим из новейших металлургов до сего времени казалось; ибо после того, что мною сказано о различии булатов от стали, каждому будет понятно и различие в достоинстве их. Итак, если коленчатым или сетчатым булатом с крупными узорами и золотистым отливом перерезывают легко на воздухе газовый платок, то тут ничего нет преувеличенного; моими булатами я мог делать то же самое. Но острота изделий из английской литой стали для произведения подобной пробы недостаточна. Самое большое, чего я мог достигать клинком из английской литой стали, состоит в нарезании шелковой материи. Если булатами перерубают кости, гвозди, не повреждая лезвия, то и в этом случае есть истина; но необходимо, чтоб сабля была из хорошего булата, чтобы она была закалена и отпущена соответственно пробе. Хороший булатный клинок, одинаково закаленный со стальным, всегда его надрезет или надрубит и сам не повредится, а посредственные, как некоторые хорасаны, хотя и надрубят, но при сильном ударе скоро могут изломаться. Шпажный клинок, из хорошего булата приготовленный, правильно выточенный и соответственно закаленный, как оказалось по моим опытам, не может быть при гнутье ни сломан, ни согнут до такой степени, чтоб потерял упругость: при обыкновенном гнутье он выскакивает и сохраняет прежний вид. Это есть, без сомнения, предел совершенства в упругости, которого в стали не встречается. Бритва из хорошего булата, без ошибок приготовленная, выбреет, по крайней мере, вдвое более бород, нежели лучшая английская, предполагая, что и та и другая, быв острыми, не будут поправляемы на ремне во время бритья. Вообще можно сказать, что изделия, требующие остроты и стойкости, должны быть приготовляемы предпочтительно стали из твердого булата, т. е. из такого, которого узоры видны без предварительной вытравки, а изделия, требующие преимущественно упругости, из мягких. Само собой разумеется, что и те и другие должны быть по возможности совершенны и не заключать одних продольных узоров.

Оканчиваю сочинение надеждою, что скоро наши воины вооружатся булатными мечами, наши земледельцы будут обрабатывать землю булатными орудиями, наши ремесленники выделывать свои изделия булатными инструментами; одним словом, я убежден, что с распространением способов приготовления и обработки булатов они вытеснят из употребления всякого рода сталь, употребляемую ныне на приготовление изделий, требующих особенной остроты и стойкости»...

## Замечание о сталеварении

Рассказ об ановской технологии изготовления булата будет неполным, если не напомнить о том, как плавят сталь.

Не вдаваясь в частности, можно сказать, что в самом начале металлургического передела стоит домна: огромная печь, в которую сверху постоянно засыпают руду (оксид железа) и кокс (уголь, из которого выжгли все, кроме углерода). Когда смесь нагревается, начинается экзотермическая химическая реакция: углерод восстанавливает железо, образовавшийся углекислый газ улетает, а расплавленный металл с растворившемся в нем большим количеством углерода — чугун — вытекает через лет-

ник. На современном производстве чугуна везут в конвертер — огромный ковш, в который погружена труба, подающая кислород. Он выжигает ненужный углерод, и получается сталь — сплав железа с углеродом при содержании углерода менее 2%. В чугуне же содержится 3—5% С, что приводит к получению совсем другой, нежели у стали, структуры и соответственно свойств: в целом сталь пластичная, а чугун хрупок.

Однако конвертер придумали лишь в середине XIX века. А до того долгие столетия (доменный процесс стал развиваться в Европе в том самом XIV веке, когда Тимур взял Дамаск) сталь получали в кричном горне. В сущности, это печь, в которой на слое горящего древесного угля лежат чугунные чушки. Чугун плавится, капает между углями, и содержащийся в металле углерод, а также другие примеси окисляются кислородом воздуха. Капли металла густеют, свариваются между собой и образуют сгустки, кузнец же скатывает их ломиком в ком. Операцию такого переплава повторяют несколько раз, и в конце концов получается крица: губчатая, пропитанная шлаком — кричным соком — железная масса. Потом эту массу снова нагревают, кричным железом или молотом уплотняют, сваривая друг с другом железные сгустки, при этом кричный сок вытекает из заготовки. Кричное железо содержит мало углерода, то есть оно мягкое. Поэтому для получения прочной стали кузнец должен этот элемент снова добавить — науглеродить за счет контакта с углем в горне печи. Делает он это, естественно, на глазок, ориентируясь на свой опыт.

Альтернативой такой, сварочной, стали была литая. Словарь Брокгауза и Ефрона рассказывает, что принципы ее технологии сформулировал Рене Реомюр в 1720 году. Однако первая сталелитейная фабрика появилась в 1740 году стараниями английского мастера часовых дел Веньямина Хантсмана. Ему для изготовления часовых пружин понадобился однородный металл, качество которого не меняется от плавки к плавке. Хантсман решил переплавлять науглероженное кричное железо в тигле и после долгих опытов добился успеха. Сталь получалась хорошая, но дорогая, и только после появления конвертера во второй половине XIX века литая сталь заняла ведущее место, сохраняемое до сих пор.

В России вплоть до 30-х годов XIX века литой стали не было, а было кричное железо. Технология работы с ним была хорошо отработана и давала неплохие результаты. На литею же сталь многие мастера смотрели скептически, поскольку при неотлаженных режимах ее качество оказывалось низким.

### От литой стали к булату

П.П.Аносов верил в успех литой стали и занялся долгой работой, которая оказалась вплотную связана с воссозданием булата. Вот как он пишет об этом:

«В 1828 году, когда сделались известными результаты исследований г. Фарадея (по получению булата из сплава железа с платиной. — *Примеч. ред.*) и когда обретена была платина на Урале в огромном количестве, его сиятельство министр финансов, граф Егор Францович Канкрин, поручил горному начальству повторить опыты г. Фарадея. Исполнение того поручения было возложено на меня.

Поводом к сплавлению литой стали с платиной послужило г. Фарадею следующее обстоятельство: доктор Скотт, находившийся в Бомбее, доставил в английское Королевское общество несколько образцов индийского булата или вутца, употребляемого индийцами предпочтительно перед сталью на ружейные плашки, на резцы для обточки железа, на ножницы, пилы и вообще на изделия, требующие особой прочности. Фарадей при химическом разложении заметил в вутце присутствие алюминия и полагал, что узоры, обнаруживающиеся на нем от действия разведенной серной кислоты, происходят от сего металла. Чтоб подтвердить это предположение, он приготовил смесь, состоящую из железа и алюминия, и через сплавление ее с английской литой сталью получил металл, похожий на вутц, который он и назвал искусственным вутцем, не упоминая, впрочем,

о его свойствах. Потом г. Фарадей, сплавляя сталь кроме алюминия с серебром, родием и платиной, заметил, что все сии сплавы были тверже обыкновенной литой стали, что они имели превосходные свойства и в особенности сплавов с платиной.

Не имея до того времени случая видеть производства литой стали, ни переплавлять ее, легко представить, сколько предстояло мне затруднений, чтобы хотя в некоторой мере исполнить лестное поручение начальства. Надлежало устроить печь, приготовить огнеупорные тигли, избрать способ приготовления литой стали: ибо сплавление английской литой стали с платиной не могло принести существенной пользы. Из сравнения свойств чистой стали с платинистой, одинаковым образом полученных, оказалось, что вторая при большей твердости столь же удобно куется, что по вытравке слабой серной кислотой она обнаруживает узоры, различимые в цвете и расположении от замеченных в литой стали, с землистыми флюсами получаемой. Когда я увеличил количество платины, то узоры сделались еще явственнее, но расположение их было очевидно отлично от булатных».

В последующих опытах Аносов перебрал добавки таких элементов, как марганец, хром, титан, серебро и золото. Из них лишь серебро дало ковкий сплав с повышенной твердостью и коррозионной стойкостью, которому Аносов предсказал блестящее будущее в часовых мастерских. Однако булат легирование ни одним элементом не дало. Так остался единственный подозреваемый «булатообразующий» элемент — чистый углерод.

### Углерод в булате

В легендах про булат часто упоминают всевозможные экзотические источники этого вещества. Поэтому следующая серия опытов была посвящена влиянию на узоры источников углерода. Это были и деревья различной твердости, и цветы, и ржаная мука, и голландская сажа, и слоновая кость, и жженный рог. Они давали разные формы и цвета узоров, отчего был сделан такой вывод: «Успех в получении булатов не зависит ни от степени твердости растений, ни от количества их, но более от образа соединения углерода с железом и от наименьшей примеси посторонних тел. Итак, понятие Бреана о причинах появления узоров в стали, основанное на одном излишестве углерода и кристаллизации стали, не может быть признано достаточным». О том, что сам по себе процесс науглероживания имеет важнейшее значение, свидетельствовал такой опыт: сплавление 16 частей мягкого железа, содержащего менее 1% С, с четырьмя частями чугуна (конечное содержание углерода получилось около 1,6%, как в хорошей инструментальной стали), давало хрупкую сталь, отчего такие опыты продолжены не были.

«Не видев возможности достигнуть удовлетворительного успеха ни помощью углерода растений, ни с помощью углерода животных, мне оставалось ожидать одного в царстве ископаемых. Алмаз и графит казались мне ближайшими телами к достижению цели». Уже первые опыты, в которых в тигле сплавляли железо с графитовой крошкой, увенчались успехом: на стали явственно проступили требуемые узоры. Более того, специфические узоры были и на отбитом шлаке. Впоследствии эти хорошо видные шлаковые узоры послужили Аносову простым методом отбраковки негодных для изготовления булата слитков.

### Булат по Аносову

А вот как выглядел избранный им способ изготовления булата.

«Приготовление булатов составляет следующие главнейшие работы: плавка, проковка, отковка изделий, закалка их, точка, полировка и вытравка».

Плавку согласно Аносову поводят так. В тигель «закладывается для булата токмо 12 фунтов (около 5 кг, — *Примеч. ред.*) железа, ибо увеличение сплавов сопряжено с затруднениями в проковке... На железо налагается состав, изготовленный из графита, железной окалины и флюса. Лучшие флюсы суть: горновой камень, получаемый при разломке доменного гор-

на, и доломит... Заложив материал в тигель, покрывают его глиняной крышкой и пускают в дутье печь... в такой мере, чтобы жар был сильный, но мелкие угли из печи не вылетали. По прошествии 3,5 часов металл бывает обычно расплавлен и покрыт тонким слоем шлака, а над ним лежит часть графита, поднятого шлаком. Потеря графита в это время до четверти фунта. Металл в это время имеет слабые продольные узоры, светлый грунт, а если графит хорошего качества, то и отлив... После 4,5 часов потери в графите простираются до 48 золотников, а узоры в металле волнистые, средней величины». Если же выдержать 5,5 часов, то «потери в графите простираются до 1 и более фунта, но весьма редко случается, чтобы его вовсе не осталось. Если положено было 1,25 фунта, а количество шлака простирается от 3/4 до 1-го и более фунта, металл имеет более или менее крупные узоры, сетчатые, а иногда и с коленами. Но если графит не особенно хорошего качества, то полученный металл редко бывает возможным поковать»...

«По окончании плавки, когда угли прогорят до основания, останавливают дутье. Тигель оставляют в печи, пока он остынет или, по крайней мере, почернеет. Тогда, отбив крышку, высыплют остатки графита, разбирают шлак и вынимают сплавки, имеющий вид хлеба». Сплавки проковывают, нагрев его до светло-красного цвета (это примерно 1000°C), причем нагрев повторяют от трех до девяти раз. После чего, если сплавки не треснули, его рассекают на три части. Эти части опять куют — сначала в бруски, а потом в полосы. Как отмечает Аносов, лучшие булаты проковываются в полосу с двух нагревов. Причем если часть полосы нагреть добела, то твердый булат превратится в чугун и рассыплется, а мягкий — в сталь и потеряет узоры.

Далее следует закалка. «Оружие всякого рода достаточно закалять в сале, предварительно нагретом почти до кипения: ибо дознано из опытов, что в горячем сале закалка бывает тверже. Нагрев откованную вещь докрасна (примерно до 700°C — *Примеч. ред.*), погружают ее в горячее сало и, дав ей время остыть, вынимают, обтирают и с одной стороны вычищают точильным камнем для удобнейшего наблюдения за цветом отпуска (при закалке металл становится твердым, но хрупким. Последующий нагрев, снижающий хрупкость называется отпуском. — *Примеч. ред.*). Потом снова немного нагревают над углями и наблюдают за появлением цветов, например, при закалке сабельного клинка у ручки отпускают до зеленого цвета, у конца до синего, а в середине до фиолетового, стараясь, чтобы на месте удара у лезвия оставался желтый цвет. Подобным образом закаливают всякое булатное оружие. Но если хотят вместо наибольшей стойкости придать оружию наибольшую упругость, то в таком случае отпуск делается ровный как в середине, так и в конце клинка синего цвета». О каком цвете идет речь? При нагреве на поверхности металла образуется пленка оксида. Ее цвет зависит от толщины, а та — от температуры и времени нагрева. Благода-

ря этому умелый мастер по цвету пленки без всяких приборов определяет соответствие выбранного режима технологии.

Аносов ковал булатные клинки в Златоусте. Один из них он подарил великому князю Михаилу Павловичу, другие показывали на выставках — отечественных и международных. (Сейчас сохранился лишь один клинок его работы, который в середине пятидесятых годов находился в Эрмитаже.) Газеты всей Европы писали об открытии Аносова. Однако академия встретила открытие холодно. Так, при подаче материалов на вручение Демидовской премии за 1942 год академики Б.С.Якоби (прославлен открытием гальванопластики, созданием в 1839 году первого электродвигателя для лодки и прокладкой в 1842—1846 годах телеграфа между Царским Селом и Санкт-Петербургом) и А.Я.Купфер (основал в Санкт-Петербурге метеорологическую обсерваторию и занимался приготовлением системы русских мер и весов) написали, что труд Аносова не содержит подробной информации, позволяющей безошибочно воспроизвести булат. Поскольку при подготовке отзыва они не только держали булат в руках, но и изучали его свойства, возник скандал. Чтобы его замаять, Аносова удостоили почетного отзыва. Спустя двадцать пять лет другой великий русский металлург, Д.К.Чернов, развеял академический миф: пользуясь отчетами Аносова, повторил его работу и сделал собственноручно булатные клинки. Так он доказал, что аносовский способ в умелых руках дает самый настоящий литой булат.

Тем не менее русская армия булатными клинками вооружена не была, а после переезда Аносова в Томск и в Златоусте стали делать не литой, а сварочный булат. В общем-то, причина понятна из статьи Аносова: созданная им технология оказалась недостаточно устойчивой для того, чтобы наладить массовое производство, — даже маленькие пятикилограммовые слитки, из которых можно отковать три клинка, получались у него отнюдь не всегда. Те же, что удавалось проковать без расстрескивания, судя по всему, могли получиться и мягкими, и твердыми. Технология была восстановлена, булат получался, но всегда разного качества. (Видимо, так же, как и у старых мастеров, иначе этот материал не ценился бы так дорого.)

Конечно, можно клинки разобрать по сортам и каждому дать настоящую цену. Однако этот способ годится для продажи штучного товара, но никак не для унифицированного вооружения регулярной армии, не говоря уж о столь массовом производстве, как косы или лемехи для плугов. Кроме того, вскоре появился мартеновский процесс получения легированной стали стандартного качества в большом количестве, которая и заменила булат. Но, разумеется, идея варить высококачественную сталь без дорогих добавок, только из железа и углерода, выглядела, выглядит и всегда, особенно по мере исчерпания ресурсов, будет выглядеть очень интересной. Поэтому неудивительно, что желание создать промышленную технологию булата не пропадает.



ГИПОТЕЗЫ

## Сталь? Чугун? Булат

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

Так что же, теперь у булата больше нет секретов, бери отчеты Аносова и вари металл — из нескольких слитков один обязательно выйдет нужного качества? Нет. Иначе многие ученые не тратили бы и сейчас годы на поиски технологии булата, не ломались бы копья вокруг теории этого материала.

Тем более, что непонятное начинается сразу, как только принимаешься анализировать текст вышеприведенной работы.

Если предполагать, что убыль графита в тигле, о которой пишет Аносов, происходит из-за растворения углерода в железе, то получается удивительный результат: мягкий булат содержит около 2% углерода, а твердый — чуть ли не 8%. Следовательно, тот материал, с которым работал Аносов, не имеет к стали никакого отношения. Правильнее было бы называть его чугуном, да и чугун такой метал-

лурги если и видели, то лишь в итоге неудачных экспериментов: слиток с 8% С, скорее всего, должен растрескаться еще при охлаждении из-за термических напряжений. Аносов же не только получал эти экзотические сплавы, но и умудрялся их ковать, причем при незначительном нагреве, а то и в холодную.

Химический анализ булатных клинков дает гораздо меньшее содержание углерода — в среднем 1—1,8%, иногда чуть больше 2%. Такие составы соответствуют углеродистой стали, основы инструмен-



тов, то есть предметов твердых, прочных, но весьма хрупких, в чем мог убедиться каждый, пытавшийся согнуть надфиль или полотно ножовки по металлу. Налицо противоречие. Значит, надо искать ответы на два вопроса: как клинок из такого хрупкого материала можно было согнуть вокруг талии и спрятать в поясе, и куда у Аносова делся остальной углерод?

Ответ на первый вопрос считается известным. Хрупкость материала можно победить, если чередовать твердые и мягкие фрагменты: последние погасят возникающие при ударе напряжения и клинок не развалится. Сварной булат, который куют из полос мягкого железа и твердой стали — пример использования этого приема.

Примерно так устроен и литой булат, состоящий из твердых и мягких макроскопических, то есть видимых человеческим глазом, прослоек. Согласно одной из распространенных гипотез (ее предложил еще Д.К.Чернов), эти прослойки — результат дендритной ликвации, неравномерного распределения углерода между уже закристаллизовавшимся металлом и оставшейся жидкостью. В каждой новой порции затвердевшего металла содержание углерода увеличивается. В самом конце застывает так называемая междендритная жидкость, где углерода гораздо больше, чем следовало бы по термодинамическому равновесию. Эти обогащенные углеродом области дают светлый узор на поверхности клинка и обеспечивают его твердость. Последующие операции — отжиг, ковка, закалка, отпуск — должны проходить при таких температурах, чтобы ничего с этой неоднородностью не сделать и сохранить структуру композита.

При всей наглядности, у гипотезы ликвации есть слабые места. Во-первых, обычно с ней борются, подвергая сталь отжигу — иначе свойства будут плохими. Во-вторых, видимые человеческим глазом включения твердого и хрупкого вещества — не самый лучший элемент структуры материала с точки зрения теории прочности. Дело в том, что зародившаяся в таком включении микротрещина мгновенно распространится на всю его толщину. А чем больше размер микротрещины, тем больше шансов, что все изделие сломается. Поэтому обычно такие включения стремятся сделать как можно мельче. Нужны веские основания для того, чтобы два вредных фактора вдруг стали полезными.

Эти основания предложены в середине 50-х годов XX века исследователями из группы И.Н.Голикова, заведующего центральной лабораторией Златоустовского металлургического завода. Они нашли работу А.П.Виноградова из Днепропетровского горного института, который в 1919 году высказал предположение, что в тигле Аносова железо расплавлялось не полностью. Основания к этому есть: оно плавится при нагреве

выше 1500°C, а Аносову вряд ли удавалось нагреть печь выше 1460-1480°C. В результате в тигле шел такой процесс: железо поглощало углерод, температура плавления падала и расплав с высоким содержанием углерода стекал на дно. В какой-то момент получались остатки мягкого низкоуглеродистого железа в высокоуглеродистом расплаве. Если поймать этот момент и начать охлаждение, то материал сам собой разделится на высоко- и низкоуглеродистую фазы, причем между ними возникнет переходный слой, обеспечивающий прочное сцепление. С использованием этой идеи в Златоусте были получены булатные изделия, способные рубить гвозди, правда, не обладавшие упругостью старого булата.

Со вторым вопросом тоже, кажется, нет проблем: считается, что графит не только расходуется на науглероживание железа, но и улетает из тигля.

Нетрудно заметить, впрочем, что оба ответа несколько противоречат данным Аносова. Во-первых, он прямо указывает: ни особенности кристаллизации, ни номинальное содержание углерода в сплаве не объясняют ничего. Решающее значение имеет то, каким образом углерод попадает в железо. Если бы все дело заключалось в ликвации, сплавленные стали с чугуном дали бы тот же булат, что и растворение графита в железе. А этого не происходит. Во-вторых, Аносов отмечает, что качественно структура булата не меняется даже при переплавке! Очевидно, что дендриты, будучи расплавленными, потеряют свою химическую неоднородность и получится то же самое, что и при сплавлении стали с чугуном. Значит, в расплавленном булате нечто остается в твердом виде. Ну и, наконец, разбросанные по тексту указания (например, в описании признаков булата), что хороший булат содержит столько же углерода, сколько и чугун. Все эти данные заставляют задуматься о том, что, может быть, не только в химической неоднородности дело. И тогда находка немецкими учеными нановолокон цемента и углеродных нанотрубок (см. «Nature», 2006, т. 444, № 286) в клинке работы мастера Ассадулы (XVII век), который хранится в Бернском историческом музее, предстанет перед нами совсем в ином свете. Сначала подумаем, откуда нанотрубки могли взяться в булате, а потом — какова может быть их роль.

После расплавления железа и появления шлака графит, как указывает Аносов, частично всплывает на поверхность шлака. Видимо, дальнейшего насыщения железа углеродом идет в значительной степени через атмосферу в тигле. Из чего она состоит? При нагреве в закрытом тигле кислород воздуха и тот, что отщепляется от оксида железа (вспомним окалину, присутствующую в смеси), должен, в присутствии большого количества углерода да-

вать угарный газ. Тот, взаимодействуя с железом, диспропорционирует на углерод и углекислый газ. Последний, реагируя с графитом, опять дает угарный газ, а первый должен раствориться в металле.

Получается, что на железе идет распад угарного газа. Но ведь почти так получают углеродные нанотрубки в CVD-процессе (название происходит от английского Chemical Vapour Deposition — химическое отложение из пара). Напомним суть этого метода. В реактор поступают металлоорганика и газ — источник углерода (например, метан, этан или этанол). Нагревшись до температуры 600—1050°C, они разлагаются, образуя соответственно частицу металла-катализатора и углерод, которые взаимодействуют и формируют нанотрубку. Не будет ничего удивительного, если углерод, получившийся из угарного газа на поверхности железа — либо расплава, либо частиц восстановившейся окалины — пойдет на построение нанотрубки. Вопрос в интенсивности процесса, устойчивости получающихся образований и способности углерода в такой форме существовать в расплавленном железе.

Температурная стабильность нанотрубок велика — от 2800°C в вакууме до 750°C на воздухе. Как они поведут себя в расплавленном железе — неизвестно, но факт их существования в клинке работы Ассадулы подсказывает, что распадаются они отнюдь не мгновенно. Нанотрубки тяжелее графита — в вершине каждой из них находится кусочек катализатора; получаются они в виде спутанных мотков, то есть должны набухать и тонуть в железе подобно намоченной в воде вате. Тогда при перемешивании металла в тигле за счет конвекции клубки нанотрубок будут в нем распределяться более-менее равномерно. И это неизбежно скажется на структуре при затвердевании. Получится, в сущности, та же самая химическая неоднородность (ликвация-то идет независимо от нанотрубок), только и в мягких и в твердых фрагментах будут присутствовать нанотрубки — либо углеродные, либо в той или иной степени превратившиеся в карбид железа. Могут ли они как-то повлиять на свойства булата?

У металлургов идея о том, что нанотрубки следует рассматривать мало-мальски серьезно, вызывает сильное неприятие и считается экстравагантной. В самом деле, углерода и без нанотрубок в булате столько, что он способен обеспечить высокую твердость. Однако у булата есть еще два важнейших свойства. Первое — пластичность, способность выдерживать большую деформацию без разрушения; высокая пластичность обеспечивает, в частности, сопротивление удару. Второе — это упругость, способность восстанавливать форму после большой деформации. Вот на них нанотрубки сказаться могут: армируя хрупкий материал длинными прочными волокнами, материаловеды уже не одно десятилетие создают компо-

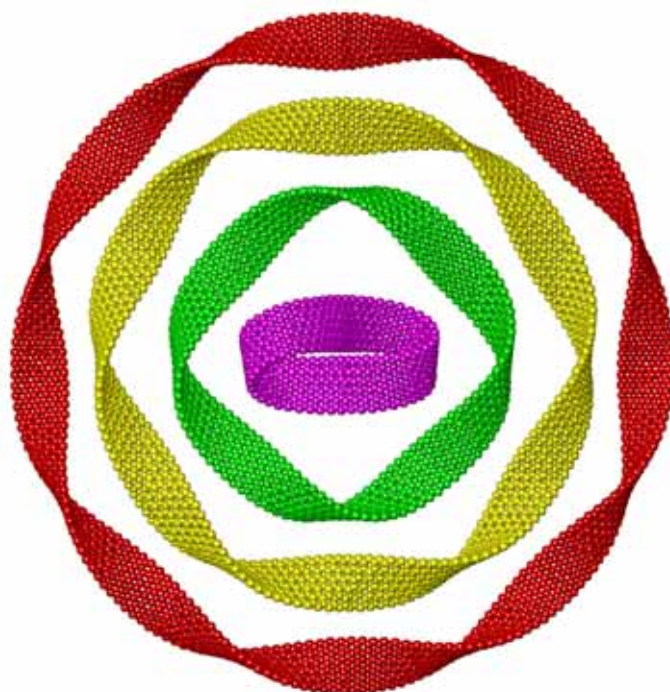
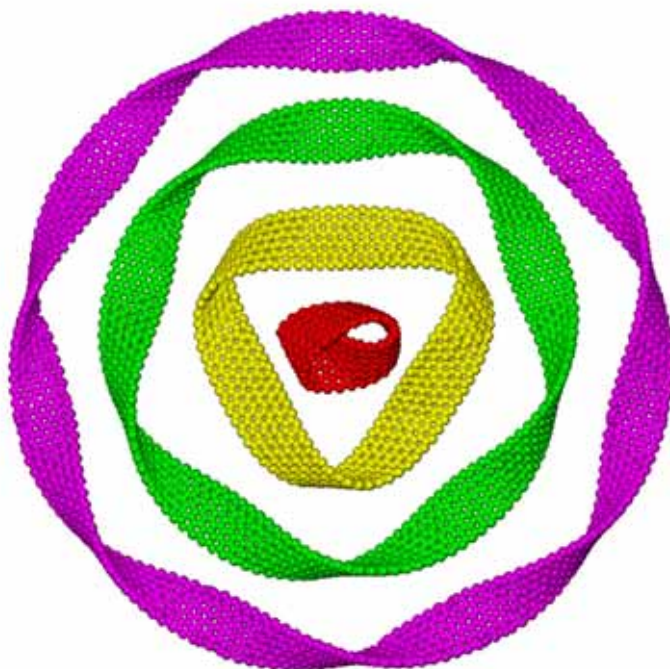


## АРХИВ

зиты, которые и удар держат, и, будучи согнутыми, без ущерба для себя распрямляются. Сколько надо добавить нанотрубок в сталь, чтобы их эффект был заметен?

Первым алюмино-нанотрубочный композит создал Эндо Моринобу, возглавляющий Институт исследований и технологии углерода при наганском университете Синсю (см. «Химию и жизнь», 2007, №8); сейчас работой с такими материалами заняты многие научные группы. Расскажем о свежем опыте китайских ученых во главе с профессором Чжао Найцинем из Тяньцзиньского университета («Advanced Materials», 2007, №19(8)). Они присоединили к частицам алюминиевого порошка наночастицы никелевого катализатора, затем при температуре 630°C (чтобы не расплавился алюминий) вырастили на них нанотрубки методом CVD, после чего порошок спекли. Получился материал состава Al—Ni(1 вес.%)—углеродные нанотрубки (5%). Его прочность была в 2,8 раз выше, чем у чистого алюминия, предел текучести достиг 398 МПа, твердость же выросла в 4,3 раза. Есть расчеты, что добавка тех же 5% нанотрубок в сталь должна увеличить ее прочность в семь раз. Это предположение проверить пока не удалось — слишком трудно смешивать нанотрубки с железом. Однако очевидно, что если бы несколько процентов потерянного аносового углерода нашлись в виде нанотрубок внутри слитка, то они оказали бы на свойства клинка очень сильное влияние. Если же их образование и сохранение в расплаве требует каких-то специальных условий, то становится понятной и сильная нестабильность технологии.

Почему же никто до сих пор не замечал нанотрубок в булате? Возможно, потому, что отнюдь не каждым стандартным методом из арсенала металловеда их удастся заметить при случайных наблюдениях. Те же немцы неделю растворяли кусочек клинка в кислоте, а потом изучали осадок. Может быть, возникшая дискуссия подскажет ценителям булата пути к устойчивой технологии изготовления этого уникального материала.



# Бензо-Мёбиусы

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

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Полюбуйтесь лентами Мёбиуса, изготовленными из бензольных колец. В верхней серии нечетные ленты, в нижней — четные. Число означает, что перед замыканием кольца край ленты повернули относительно встречного края 1, 3, 5, 7 и 2, 4, 6, 8 раз соответственно. Число поворотов четко отражается на форме контура.

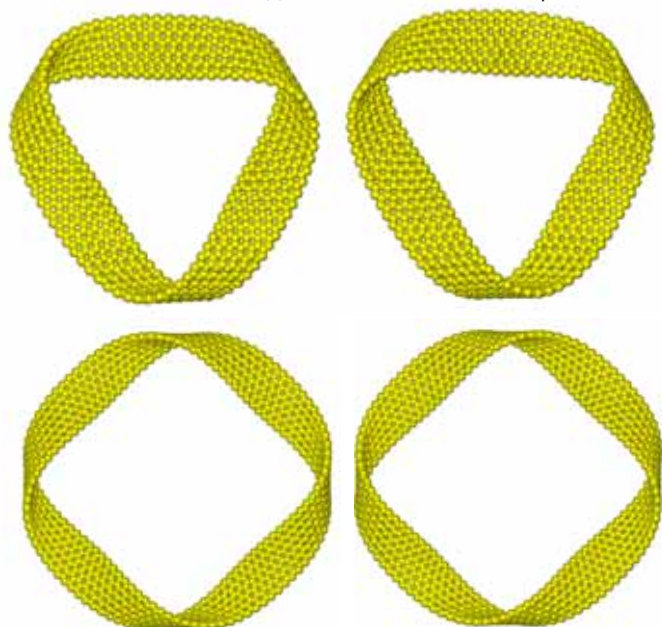




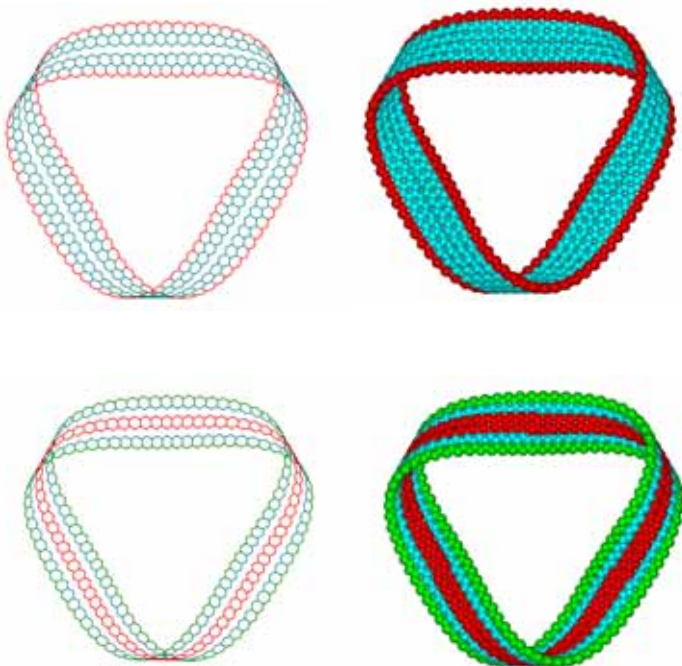


## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

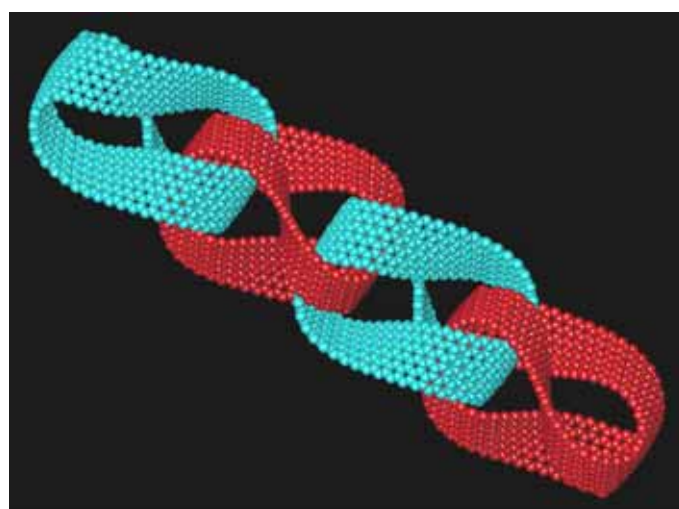
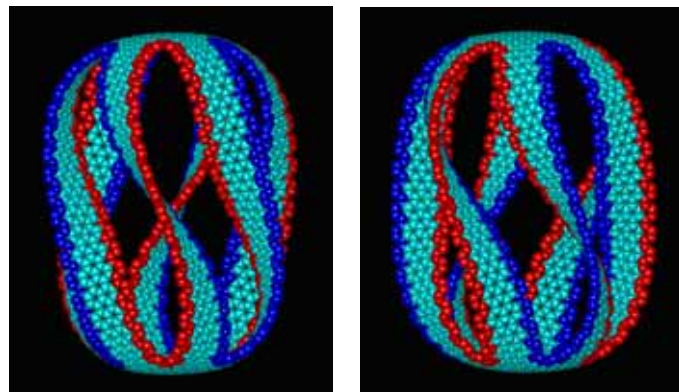
Все ленты Мёбиуса, независимо от числа поворотов, хиральны, то есть зеркальное отражение каждой из них нельзя совместить с действительным изображением.



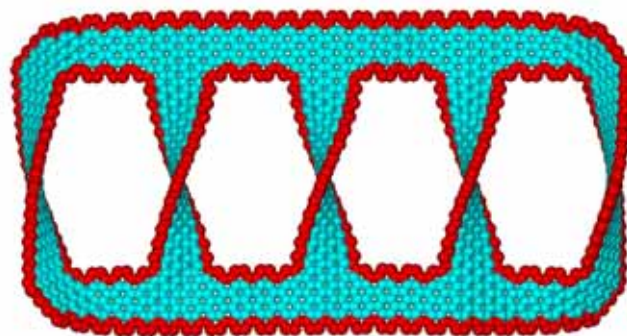
Как и бумажные ленты Мёбиуса, их бензольные модели можно разрезать вдоль и смотреть, что получится:



Соединяя ленты из бензольных колец иным способом, можно получить множество других интересных фигур, например сплетенные бензольные «кальмары» и катенаны из них:



В заключение приводим рисунок «окна» Мёбиуса из 1758 атомов углерода:



У этого необычного окна есть только одна сторона. На нем можно по периметру закрепить занавеску. Правда, занавеску необычную. У нее тоже будет только одна сторона. Предлагаем читателю склеить изображенную модель из бумаги и решить вопрос, можно ли в это окно вставить застекленную раму и как должна выглядеть стена с такими окнами?

Возможно, математики найдут что-то полезное в новом подходе к давно известному объекту, а химики лишний раз возгордятся и порадуются тому, что углерод неисчерпаем.





# Полезные ссылки

## Научно-образовательная интернет-видеотека



<http://univertv.ru/>

Когда-то мы, пропуская школу из-за простуды, смотрели образовательные передачи по телевизору. Теперь таких передач все меньше: в одной, хоть и обаятелен ведущий, да уж очень старательно следит, чтобы зрители не перенапряглись, вторая то выходит, то нет... Как и многие другие жанры, адресованные умным людям, образовательное кино уходит в Сеть. Все научные дисциплины, все школьные уроки — лекции, доклады, слайд-шоу, видеоролики... По адресу <http://school.univertv.ru/> — видеоуроки собственно по школьной программе. Как сказал представитель портала в интервью газете «Троицкий вариант», около 70% посетителей приходят из России, 10% из Украины, по 2% из Белоруссии и Казахстана, остальные 15% — из-за рубежа.

## Электронная библиотека Гумер



<http://www.gumer.info/>

Здесь бывал, наверное, каждый, кто когда-либо интересовался гуманитарными науками. «Книги, учебники: религия, философия, история, культура, психология...» «Мы с вами уже четыре года. Из частной библиотеки провинциального преподавателя превратились в портал знаний. За день нас посещает более 50000 читателей. В Интернете имеется более 70000 ссылок на наш сайт. К примеру, только в Википедии более 5000 ссылок. В нашей библиотеке насчитывается 5000 книг и статей. Мы были когда-то на бесплатном хостинге, теперь мы на своем сервере». Здесь можно прочесть «Поэтику» Аристотеля или статью «Алла Борисовна Пугачева как культурный феномен», «Настольную книгу газетного дизайнера» Т. Харроуэра или четыре книги Йохана Хейзинги. Интерфейс удобен и доступен даже самому гуманитарному уму.

## Московский центр непрерывного математического образования



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

Центр «ставит своей целью сохранение и развитие традиций математического образования в Москве», но этот сайт может быть полезен и немосквичам. Вероятно, им — в первую очередь. Здесь можно найти свободный доступ к обширной математической библиотеке, от детских книг до научных трудов (отдельные проекты — архив журнала «Квант» и прекрасные интернет-сборники задач), информация о математических классах и олимпиадах, конференциях и летних школах, материалы «в помощь педагогу». Есть специальный раздел, посвященный ситуации с ЕГЭ по математике, а также коллекция официальных документов, так или иначе связанных с математическим образованием. Регулярно обновляется лента новостей.



## Google Академия

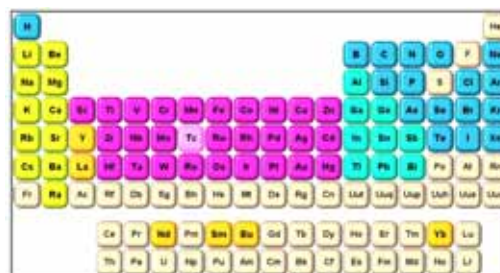


<http://scholar.google.com/>

Система поиска научной литературы от Google, теперь и на русском языке. «Используя единую форму запроса, можно выполнять поиск в различных дисциплинах и по разным источникам, включая прошедшие рецензирование статьи, диссертации, книги, рефераты и отчеты, опубликованные издательствами научной литературы, профессиональными ассоциациями, высшими учебными заведениями и другими научными организациями». Поисковик понимает большинство операторов Google: можно запрашивать поиск «кроме», «или», «и», при грамотно составленном вопросе умеет отличить фамилию ученого Воробей от одноименной птицы. Немного о грустном: мы ради опыта запросили статью в журнале «Биохимия», опубликованную в 2009 году, и по нашему запросу ничего не было найдено, тогда как на <http://elibrary.ru> ссылка и аннотация нашлись без труда. Впрочем, статьи из «Nature» по-исковик находил исправно.

## Периодическая таблица элементов

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



«Химия и жизнь», как известно, не публикует новых улучшенных версий таблицы Менделеева, но электронные версии той же таблицы мы обозреваем с удовольствием. Первое, что мы видим на главной странице — «клавиатуру» с элементами, щелкай на любой, читай базовую информацию, смотри фотографии и видео. «Данный проект посвящен по большей части химии, немного физике и совсем чуть-чуть экономике... Основная цель данного сайта — показать, как выглядят различные металлы, по возможности рассказать о некоторых их свойствах и сообщить другую интересную информацию об элементах... Для газов, например, я сделал ампулы, в которых можно возбудить высокочастотный разряд, и увидеть его свечение. Для металлов я стараюсь получить кусочки с чистой, неокисленной поверхностью, чтобы можно было увидеть чистый металл, а не его оксид (пока это удается не для всех элементов)».

# Походка слонов и людей

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

*В чем сходство между слоном и человеком? Оказывается, они оба хорошо ходят и своеобразно бегают.*

## Диалектика слоновьей походки

Слоны — хорошие ходоки, легко преодолевающие десятки километров. Обычно они движутся со скоростью 2—6 км/ч, но при необходимости разгоняются до 16, а на спринтерской дистанции — до 35—40 км/ч. И все бы ничего, но даже при такой скорости слоны не бегают, а ходят. Бег включает фазу полета, в которой животное не опирается на лапы, а у слонов по крайней мере одна нога всегда касается земли.

Неудивительно, что особенности слоновьей походки привлекают внимание ученых. Несколько лет назад к ее исследованию приступил Джон Хатчинсон, американский биолог, работающий в Королевском ветеринарном колледже (Великобритания). Вместе с американскими и немецкими коллегами он снимал на видеокамеру движения слонов, а затем анализировал их кадр за кадром. Чтобы удобнее было наблюдать за движением их плеч и бедер, на каждого слона нанесли метки. Начали исследователи с африканских слонов в американских зоопарках, но эти гиганты не желали двигаться быстрее 4 м/с (14,4 км/ч). Тогда ученые переключились на более легких азиатских слонов, которые разгоняются до 25 км/ч, и в результате засняли движения 42 животных обоих видов весом от 600 до 3000 кг.

Действительно, с какой бы скоростью слоны ни перемещались, они, в отличие от других животных, никогда полностью не отрываются от земли и не меняют порядок перестановки ног:



1  
*Разогнавшийся слон Хатчинсона*

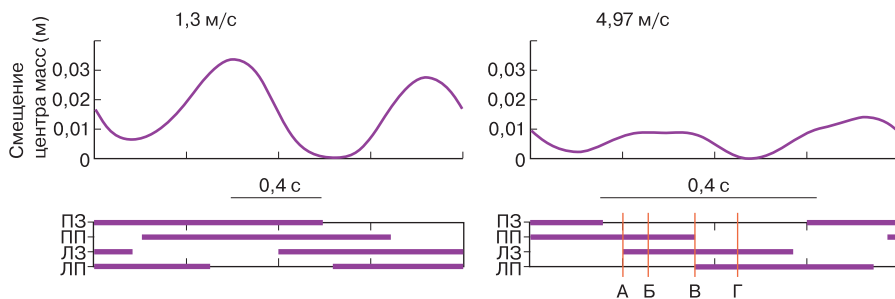
с землей соприкасаются последовательно левая задняя, левая передняя, правая задняя и правая передняя. Однако передвижение слона при большой скорости все-таки нельзя назвать ходьбой.

Движение описывают несколько количественных показателей, один из которых — число Фруда. Его вычисляют по формуле  $Fr = u^2/gh$ , где  $u$  — скорость животного, а  $h$  — высота его бедра. При ходьбе число Фруда обычно равно 0,2—0,3, а при беге приближается к единице. Так вот, у разогнавшихся слонов оно близко к единице. Более того, их задние ноги подсакаивают, а подсакивание — непременный атрибут бега. Доподлинно известно, что слоны в целом не скачут, но их задние ноги, оказывается, к этому способны, и при этом они одновременно отрываются от земли. Чем не бег!

Передние ноги слона тоже одновременно оказываются в воздухе, правда, без подскоков, однако задние и передние конечности никогда не отрываются от земли все вместе. Основная нагрузка у слона приходится на передние ноги, поэтому задними слон начинает «бежать» на меньших скоростях, а передними — на больших. Половинками бежит, а целиком ходит.

Описав это удивительный аллюр, Хатчинсон отметил, что нужны, конечно, более подробные исследования, которые позволили бы измерить силы, действующие на слона при ходьбе. За эту работу взялся Норманн Хегланд, профессор лаборатории физиологии и биомеханики Католического университета Левена (Бельгия). Результат у него получился иной, нежели у Хатчинсона, но тоже удивительный.

Профессор Хегланд с сотрудниками сконструировал и откалибровал специальную платформу-силомер, состоящую из 16 чувствительных пластинок метр на метр каждая. Эта платформа позволяла измерять силы, которые действуют на слонов во время ходьбы, и регистрировать движение их центра масс (ЦМ) вверх, вперед и назад, а также рассчитать работу, необходимую для перемещения ЦМ во время каждого шага. Затем ученые вместе с платформой, компьютером и высокоскоростной видеокамерой отправились в Таиланд, в Центр сохранения слонов, и протестировали там 34 азиатских слона — от детеныша весом 870 кг до четырехтонного взрослого животного. (С африканскими даже связываться не стали.) Слоны проходили по платформе с погонщиком на спине — он был нужен, что-



2  
**Перемещение центра масс слона при разных скоростях.**  
Внизу показано, какими ногами слон опирается о землю

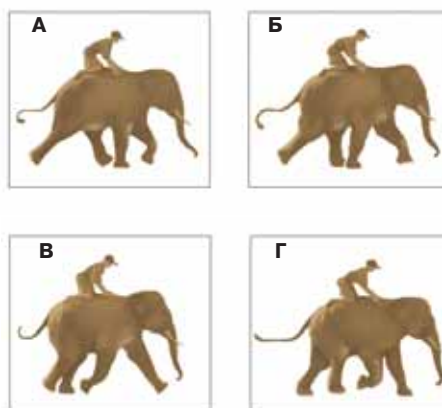
бы животное двигалось в нужном направлении и с определенной скоростью. Каждого слона прогнали через платформу на шести скоростях, от 0,38 до 4,97 м/с, то есть от 1,37 до 17,9 км/ч. Вес погонщика составляет всего 1—5% от веса животного, поэтому исследователи решили, что его присутствие не повлияет на результат эксперимента. Они особо оговорили, что слонов направляли и ускоряли с помощью команд или разных приманок, а больно им не делали.

Хегланд выяснил, что слоны, когда разгоняются, быстрее перебирают ногами и увеличивают длину шагов. При скорости 4,97 м/с, что соответствует медленной рыси, двухтонные звери делают до трех шагов в секунду — больше, чем можно ожидать от животных такого веса. Чем чаще шагает слон, тем меньше у него точек опоры. Среднее количество ног на земле за время одного шага, то есть время между двумя постановками на землю правой передней ноги, сокращается с 3,2 при скорости 0,62 м/с до 1,6 при 4,72 м/с.

Кроме фазы полета и числа Фруда есть еще один признак бега — показатель того, какую долю шага нога касается земли. У слонов при быстрой ходьбе этот показатель меньше 0,5, что соответствует бегу, однако от земли они не отрываются.

Обычно при ходьбе ЦМ животного раскачивается подобно маятнику, а при беге только подпрыгивает, как мячик. У большинства видов существует определенная скорость, при которой животное переключается с ходьбы на бег, с маятникового типа движения ЦМ на пружинное подскокивание. Но у слона центр масс не прыгает, только качается. Так бегут они или нет?

Оказалось, что с увеличением скорости до 2,8 м/с некоторые беговые изменения в движении ЦМ все-таки происходят, но, чтобы их заметить,



исследователям пришлось анализировать ходьбу передними и задними ногами отдельно.

Когда слон наступает на заднюю ногу, его ЦМ чуть-чуть поднимается, а при ослаблении нагрузки возвращается в исходное положение. Такое движение больше похоже на колебания маятника и типично для ходьбы. Но при опоре на переднюю конечность все наоборот: ЦМ опускается по мере возрастания силы и поднимается при убывании, как в распрямляющейся пружине, что характерно для бега. И получается, что при скорости выше 2,8 м/с слон передними ногами рысит, а задними идет.

Эта полурьсь очень выгодна с энергетической точки зрения. Чтобы переместить килограмм своего тела на один метр, слоны тратят всего 0,2 Дж — в три раза меньше, чем другие животные. Такой эффективности они добились, во-первых, благодаря своей устойчивости. Даже при самой высокой скорости слоны не отрываются от земли и опираются на нее в среднем двумя ногами. Во-вторых, частота шагов у них, как мы помним, очень высока. Сочетание этих факторов привело к тому, что слон, можно сказать, стелется по земле. Его ЦМ почти не скачет, перемещаясь по вертикали всего на 3 см, а когда слон разгоняется — на 1 см (примерно как у рысящей собаки средних размеров). Поэтому мчащемуся слону не приходится тратить много энергии на выталкивание своей туши вверх. Кроме того, слон, в



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

отличие от других животных, даже перейдя на рысь, не прекращает идти. Это значит, что в движении его ЦМ всегда присутствует маятниковая составляющая, а колебательное движение маятника позволяет существенно сократить мышечную работу по перемещению тела.

Джон Хатчинсон постарался найти в своих исследованиях практический смысл: он полагает, что обнаруженные закономерности позволят заинтересованным людям вовремя заметить неполадки в опорно-двигательной системе слона. Норманн Хегланд написал чисто теоретическую статью. Не исключено, что исследования в этой области будут продолжены. А пока хватит нам дивиться на идущего слона, потому что мы и сами исключительные ходоки и бегуны.

## С пятки на носок

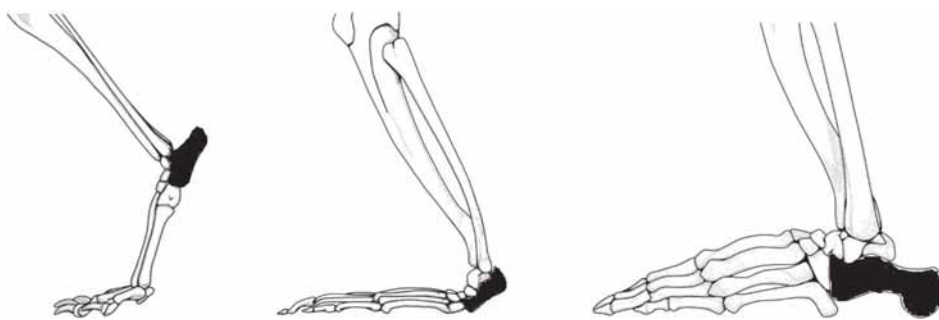
Человек, оказывается, прекрасно приспособлен для бега на длинные дистанции. Во всяком случае, среди приматов он вне конкуренции. Конечно, многие млекопитающие бегают быстрее, но не все могут бежать долго, особенно в жару. А у человека, потеющего и лишенного шерсти, выносливости хватает. Благоприятствуют долгому бегу короткие пальцы, длинное ахиллово сухожилие и упругие мышцы голени. Однако все эти приспособления совершенно не вяжутся со строением человеческой стопы, при котором пятка касается земли. Большинство видов животных, включая самых быстрых бегунов, перемещаются на пальцах или копытах, при этом пятка у них приподнята. (Такая позиция позволяет делать более длинные шаги, что энергетически выгодно при движении. А человеческая манера бега с пятки на носок поглощает энергию при старте и создает дополнительную нагрузку на кости и суставы, так что совершенно непонятно, почему стопохождение закрепилось в ходе эволюции.



Впрочем, некоторые исследователи уверены, что стопохождение само по себе не мешает хорошо бегать. Так, американский ученый Дэниел Либерман полагает, что бег с пятки — новация, возникшая в 70-х годах прошлого века, когда появилась специальная обувь для бега с амортизаторами. А до того люди сотни тысяч лет бегали босиком или в легкой обуви типа сандалий или мокасин. При этом они касались земли носком, а не пяткой и не страдали от толчков. И в наше время люди, бегущие босиком на большие дистанции, обычно наступают на землю именно носком и бегут на пальцах, хотя иногда и касаются земли серединой стопы. Подошва и лодыжка более податливы, когда с поверхностью соприкасается босая, а не зашнурованная в кроссовку нога, поэтому ступни босых бегунов ударяются о землю с меньшей силой, чем обутые ноги «пяточников». Так что возникшее в ходе эволюции строение человеческой стопы отнюдь не затрудняет бег, если правильно ставить ноги.

Но раз уж мы упомянули эволюцию, то зачем человеку вообще касаться пятками земли? Возможно, мы просто унаследовали такое строение стопы от обезьяноподобных предков. Безусловно, двуногий человек на полной стопе чувствует себя гораздо увереннее, чем на пальцах. Но может быть, стопохождение дает нам еще какие-то преимущества?

В этом вопросе стали разбираться специалисты Йенского университета (Германия) и университета Юты (США) под общим руководством профессора Дэвида Кэрриера. Ученые попросили 11 здоровых добровольцев походить тремя способами: с пят-



3 *Строение стопы собаки, гиббона и гориллы. Пяточные кости выделены темным цветом.*

ки на носок; на носках с приподнятой примерно на сантиметр пяткой и на пальцах, когда пятка поднята так высоко, как только можно. Потом испытуемые бегали, наступая на пятку или не касаясь ею беговой дорожки; на пальцах их гонять не стали во избежание травм. Так они ходили или бегали в течение четырех минут, а на пятой минуте исследователи замеряли потребление кислорода при каждом типе движения.

Оказалось, что, когда человек идет по беговой дорожке со слегка поднятой пяткой, среднее потребление кислорода на километр возрастает примерно на 53% по сравнению с обычной поступью, а на «высоких цыпочках» оно увеличивается аж на 83%. Однако во время бега существенной разницы в потреблении кислорода ученые не заметили. Следовательно, опущенная пятка действительно позволяет нам сэкономить энергию при ходьбе, но не при беге.

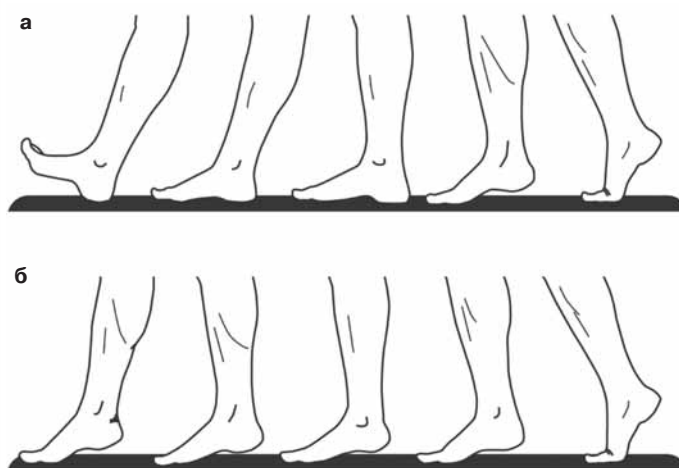
Можно возразить, что эксперимент поставлен не вполне корректно, поскольку в обычной жизни люди на носочках не ходят. Но ученые отвечают, что ходят. У детей до семи лет такая

походка не редкость и считается нормальной. Да и взрослые спокойно становятся на цыпочки, когда хотят пройти потише. Что касается бега, то лучшие спринтеры, стайеры и марафонцы бегут, не касаясь земли пятками даже в современной обуви. Так что, по мнению исследователей, речь идет о сравнении двух типов ходьбы, в равной степени естественных для человека.

Откуда же берется экономия? Вероятно, из нескольких источников. Один из них — дополнительная мышечная активность. Когда человек приподнимается на цыпочки, возрастает нагрузка на 11 мускулов спины, бедра, колена и голени. Но оказалось, что эта нагрузка незначительно влияет на потребление кислорода. Приподнятая пятка требует и дополнительной работы мышц, отвечающих за поддержание позы, поскольку в таком положении двуногим сложнее удерживать равновесие. Исследователи сравнили потребление кислорода у людей, стоявших на цыпочках с опорой и без опоры. Неустойчивость увеличивает потребление кислорода в среднем на 8,8%, что никак не



4 *Бег с пятки менее эффективен, чем бег на пальцах*



5 *Походка с пятки на носок (а) и с приподнятой пяткой (б)*



6

**В разной обуви  
по-разному бежится**

объясняет разницу в 53%. (Отсутствие опоры заметно сказывается на потреблении кислорода в позиции «высокие цыпочки» — оно возрастает на 76%. В этом случае высокую энергетическую цену хождения на высоких цыпочках действительно можно объяснить низкой устойчивостью.) При ходьбе на носках частота шагов возрастает на 7,6%, но и это обстоятельство не влияет на потребление кислорода.

Исследователи называют две основные причины, позволяющие сэкономить при ходьбе с пятки на носок. Наступая на землю пяткой, мы теряем в целом меньше энергии, чем при ходьбе с носка. Кроме того, часть мышечной энергии при движении, как мы помним, компенсирует маятниковое колебание центра масс. При стопохождении оно позволяет сэкономить больше, чем при ходьбе на пальцах.

Хотя эти исследования выполнены на людях, их результат можно распространить на ходьбу и бег других двуногих, например наземных птиц, а также на все виды млекопитающих со стопохождением. Взять того же слона. Вообще-то пятка у него приподнята, но заметить это можно, только

рассматривая скелет, потому что слоновьи ноги — это колонны. Однако, как хорошо видно на фотографии, при своей исключительно быстрой и экономичной ходьбе слон наступает сначала не на пальцы, а на заднюю часть стопы. Приглядевшись, можно заметить, что бегущий рядом с ним босой погонщик ступает с носка.

Ходьба вообще более экономична, чем бег. Млекопитающие, сопоставимые по массе с человеком, при беге потребляют кислорода на 16% больше, чем при ходьбе. У человека эта разница в несколько раз больше и достигает 61%, но лишь в том случае, если человек ступает с пятки. Так что наша способность к эффективной ходьбе может быть результатом стопохождения.

Строение стопы с опущенной пяткой возникло у древесных обезьян задолго до появления наземных двуногих. Вид Ното отпочковался от австралопитеков около 2,5 млн. лет назад, и 99% этого времени люди жили охотой и собирательством, искали повсюду животных и съедобные растения, а это связано с необходимостью ежедневно проходить большие расстояния. В современных племенах, ведущих первобытный образ

жизни, женщины проходят в среднем 9,5 км, а мужчины — 14,1 км в день. Неудивительно, что человек — экономичный ходок и что мы сохранили строение стопы, унаследованное от наших древесных предков, ведь оно облегчает нам ходьбу.

Но почему такая стопа сформировалась у обезьян? Вряд ли для облегчения ходьбы. Большие обезьяны плохо ходят без опоры, хотя шимпанзе и «наматывает» за день от 3 до 10 км. (Горилла — не больше километра.) Анатомически они более приспособлены к лазанью по деревьям и веткам, а их стопа — практически задняя ладонь.

Хотя Кэрриер и его сотрудники доказали, что стопохождение значительно повышает экономическую эффективность ходьбы у человека, это не означает, что люди приспособлены к ходьбе более, чем к бегу. Они и бегуны прекрасные: голые, потеющие и с упругими мышцами. Надо только ставить ноги сообразно обстоятельствам: при ходьбе не оттягивать носок и не стучать на бегу пятками.

По материалам  
«*Journal of experimental biology*»  
(2006, 2010).

**ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ**





### Из чего делают лимонную кислоту

*Хотелось бы узнать, из чего делают пищевую лимонную кислоту. Вряд ли ее добывают из лимонов. Значит, это продукт химии?*

Н.Тарасова, Одесса

Впервые лимонную кислоту выделил из сока незрелых лимонов шведский аптекарь Карл Шееле в 1784 году. А первое производство, появившееся в Англии в 1826 году, действительно использовало в качестве сырья сок цитрусовых. Из тонны лимонов удавалось получить всего 25 кг лимонной кислоты. Сегодня мировое производство лимонной кислоты достигает 800 тысяч тонн в год. Если бы ее извлекали из плодов, то пришлось бы засадить лимонными деревьями всю Италию, чтобы собрать достаточный урожай. Как же ее теперь получают?

Чтобы выяснить структуру лимонной кислоты (сделал это Юстус фон Либих в 1838 году) и найти замену лимону для ее производства, понадобилось сто лет. В начале XX века Джон Н. Кюрри обнаружил, что черная плесень (*Aspergillus niger*), если ее хорошенько кормить сахаром, производит много лимонной кислоты. Оставалось только подобрать оптимальный режим. И вот уже в 1923 году компания «Pfizer» (США) запустила первое микробиологическое производство лимонной кислоты. По химическому составу она, разумеется, ничем не отличалась от

той кислоты, что содержится в лимонах и других фруктах и ягодах. И по сей день черная плесень трудится в биореакторах. Все, что ей нужно, — это вкусная еда: глюкоза, сахароза или сироп сахарной свеклы. Причем современные биотехнологии, использующие работающие промышленные штаммы черной плесени, позволяют перерабатывать до 85% сырья в лимонную кислоту. Этот продукт — один из самых массовых в современной биотехнологии.

Зачем нам так много лимонной кислоты? Достаточно напомнить, что за марками пищевых добавок E330—E333 скрываются сама кислота и ее соли. Куда ее только не добавляют! В карамели, мармелад и мороженое, торты и пирожные, в соки, вина, ликеры и безалкогольные напитки, в консервы всех типов, в детское питание, выпечку, жиры и маргарины, колбасы и сыры... В косметике, наконец. Лимонная кислота придает продуктам приятный, освежающий вкус, регулирует кислотность, работает антиоксидантом и консервантом. С помощью лимонной кислоты сохраняются естественные вкус и аромат при длительном хранении замороженных мяса и рыбы. Для человека она тоже полезна: возбуждает аппетит, улучшает метаболизм и стимулирует деятельность поджелудочной железы. При умеренном потреблении, разумеется. Интересно, что соли лимонной кислоты делают пену устойчивой, поэтому ее любят кулинары и поэтому же ее добавляют в шампу-

ни и моющие средства. Находит она применение в медицине — как реагент, предотвращающий свертывание образцов крови, и как детоксикант при отравлении тяжелыми металлами.

А что же нам ответить на вопрос «Уж не химия ли это?». Трудно сказать, какое из двух описанных производств более «химическое». Пожалуй, классическое производство кислоты из лимонов, когда кислоту в соке превращают в цитраты (соли), выделяют их, а затем опять превращают в кислоту, — это химия чистой воды. Но и в микробиологическом производстве на стадии извлечения и очистки лимонной кислоты применяют химические манипуляции. Так что все это «химия» — впрочем, как и созревание лимонов на деревьях.

### Кордицепс — чудодейственный китайский препарат?

*Моя знакомая привозит из Китая препарат кордицепс, которым лечит буквально все. Как будто бы его делают из какого-то китайского гриба. Не могли бы вы прояснить, о чем идет речь?*

Е.Кокуева, Москва

Действительно, в Китае произрастает совершенно необычный гриб — кордицепс китайский (*Cordyceps sinensis*). Необычность гриба в том, что он произрастает из гусеницы или куколки бабочки, зимующей под землей (см. «Химию и жизнь», 2008, № 2). Гусеница, видимо, случайно поедает грибные споры, а по весне эта спора начинает жить своей самостоятельной жизнью, вырастая в гриб. Тело гусеницы она использует как кормовую базу. Гусеница, разумеется, погибает, а из-под земли вырастает гриб-травинка или гриб-карандаш. Зрелый кордицепс выглядит точно как засохшая желто-коричневая гусеница. Вот почему китайцы называют его «зимний червь — летний гриб».

В Китае к кордицепсу относятся с большим почтением и утверждают, что этот гриб используют в медицинской практике не менее тысячи лет — для стимулирования легких и почек, при болезнях печени, стенокардии, при раке, гепатите и туберкулезе, ревматизме и преждевременном старении, а также при сек-



суальных проблемах. Действительно, похоже на панацею. Но в чем сила кордицепса? Да и правда ли, что он такой целебный?

Известно не так много, но факты все же есть. Китайские спортивные врачи утверждают, что гусеничный гриб благотворно влияет на сердце и дыхание. Это позволяет спортсменам показывать хорошие результаты на соревнованиях. Уж не кордицепсовый ли чай непрерывно пили из бутылочек китайские спортсмены на последней Олимпиаде в Ванкувере? И допингом ведь не назовешь, поскольку в составе ничего такого запрещенного нет — витамины, микроэлементы, высокоценные аминокислоты и полисахариды. Хотя, с другой стороны, *Cordyceps* считается дальним родственником нашей спорыньи (*Claviceps purpurea*). Этот гриб, паразитирующий на зерновых, между прочим, содержит предшественника ЛСД.

Тем не менее китайские врачи настаивают на том, что эффект кордицепса — главным образом стимулирующий и общеукрепляющий. По их данным, кордицепс в умеренной степени расширяет кровеносные сосуды, увеличивает кровоснабжение сердца и легких, повышает способности противостоять усталости, кислородному голоданию, уменьшает уровень липидов в крови, повышает устойчивость клеток к окислению, работает адаптогеном, улучшает обмен веществ и омолаживает.

Профессор аналитической биотехнологии Райнхард Реннеберг, работающий в Гонконге, утверждает, что в Пекине выполнены медицинские исследования, подтверждающие, что кордицепс повышает половую выносливость. Не случайно в традиционной китайской медицине его используют в качестве афродизиака, в том числе и для женщин. Сегодня кордицепс называют «гималайской виагрой». Косвенным подтверждением служат и наблюдения за животными. «Поиски гриба ведут не только люди, но и живущие в Гималаях дикие яки, — пишет Реннеберг. — Эти буйволы в брачный сезон под воздействием кордицепса превращаются в настоящих «быков». Так же, как свиньи в наших широтах реагируют на родственную половым гормонам субстанцию, содержащуюся в трюфе-

лях, так и яки нашли в *Cordyceps* свой «якродизиак»!»

Можно еще долго перечислять целебные свойства, приписываемые кордицепсу. Но как в точности работает набор химических компонентов гриба, о которых мы говорили и которые не упомянули, никто не знает. Пока что это черный ящик, ждущий своих исследователей. Вероятно, секрет здесь кроется в определенном сочетании известных нам веществ, которые действуют на организм согласованно.

### Камуфляж от золотой рыбки

*Увлекаюсь рыбалкой, среди улова частенько бывают караси, причем как светлого, серебристого цвета, так и желтого — «золотые». Возник вопрос: чем вызвано такое отличие у, казалось бы, одной и той же рыбы?*

Сергей М., Дубна

Серебряный и золотой караси — разные виды рыб, хотя и весьма похожие по внешнему виду. Родина серебряного карася — бассейн реки Амур, однако в середине прошлого века его искусственно расселили по многим водоемам Сибири и Европы. Вид прижился и заметно потеснил исконного обитателя среднерусских озер и стариц — золотого карася — за счет быстрого роста и неприхотливости. Кстати, именно серебряный карась считается предком аквариумных золотых рыбок, которых начали выводить в Китае более тысячи лет назад. Причины, по которым одна часть карасинового рода стала золотой, а другая — серебряной, лежат буквально на поверхности. На поверхности тела рыбки.

Цвет создают четыре типа клеток, расположенные в коже слоями, один над другим. Каждый содержит один или несколько пигментов. Серебристый блеск бокам рыбки придают пигментные клетки гуанофоры, в которых в виде кристаллов или гранул находится, как правило, гуанин — тот самый, что входит в состав ДНК. В зависимости от освещенности и от ориентации кристаллов могут формироваться оттенки от серебристого до голубовато-зеленого. А вот «золотой» рыбка может стать благодаря веществам группы каротиноидов, очень похожим на те, что содер-



### ВОПРОСЫ-ОТВЕТЫ

жаты в моркови и томатах. Золотистый цвет создают в основном желто-оранжевый лютеин и красный атаксантин. Эти вещества в коже накапливаются в клетках ксантофорах и эритрофорах соответственно. Впрочем, рыбка, будь она хоть трижды золотой, не способна синтезировать каротиноиды и получает их с пищей. Этим активно пользуются аквариумисты, предлагая рыбам корм с повышенным содержанием пигментов: окраска рыбок становится более яркой.

В коже серебряного карася нет красных и желтых пигментов, зато его чешуя хорошо отражает свет и блестит от большого количества гуанина. Чешуя золотого карася, в свою очередь, отражает меньше света, потому что часть его поглощают пигменты.

Еще один тип клеток, участвующий в образовании цвета, — меланофоры, содержащие черный пигмент меланин, которого, кстати, не бывает у альбиносов. Итак, четыре типа клеток обеспечивают рыбе четыре основных цвета — серебристый, оранжевый, красный и черный. Прочие цвета — результат комбинации основных. Если ниже слоя гуанофоров располагаются черные меланофоры, то происходит рассеивание и получается синий цвет. А если над ними будут еще желтые или красные клетки, то получатся различные оттенки зеленого.

Среди рыб есть настоящие виртуозы цвета. Например, камбала может маскироваться на дне за счет нервной регуляции меланофоров, становясь более темной или более светлой. Многие виды способны изменять окраску с помощью гормонов. Например, горбуша перед нерестом приобретает ярко-красный брачный наряд.

Р.Акасов

# Витамины – круглый год

**В** нашем лексиконе есть понятие «зимне-весенний авитаминоз». Однако недостаток витаминов подстерегает нас не только с декабря по май... Мы продолжаем вечно актуальный разговор об этих незаменимых веществах и предоставляем слово специалисту — заведующей лабораторией витаминов и минеральных веществ Института питания РАМН, доктору биологических наук, профессору **Вере Митрофановне Коденцовой**.

**Обычно люди полагают, что пора принимать витамины, когда чувствуют слабость, быстро устают, часто болеют. Как еще может проявляться недостаток этих веществ в организме?**

Некоторые наиболее часто встречающиеся неспецифические клинические проявления недостаточности витаминов приведены в таблице. Они систематизированы согласно общепринятому описанию статуса больного: состояние кожи, волос, системы пищеварения, костно-мышечной системы и т.д., а также субъективной оценки состояния человека. Иногда клинические признаки недостаточности того или иного витамина очень трудно различить. Эти признаки рассматривают в совокупности.

Кроме того, на практике чаще встречаются полигиповитаминозы, то есть состояния, при которых организм испытывает недостаток одновременно в нескольких витаминах.

Важно помнить, что не все эти симптомы являются следствием только дефицита витаминов. Иногда эти признаки указывают на развитие серьезного заболевания, поэтому правильнее своевременно обратиться к врачу. Самолечением заниматься нельзя.

**Скажите, пожалуйста, как определяется физиологическая потребность в витаминах?**

Это непростое дело. Есть данные по ситуациям, при которых люди были вообще лишены витаминов (например, во время блокады Ленинграда). Клинические признаки авитаминозов и гиповитаминозов хорошо известны (см. таблицу). Можно определить, при каком уровне поступления витаминов эти признаки исчезают. Поступление витаминов рассчитывают по таблицам, зная, что человек съел за определенный период.

Исследуют состояние различных групп населения и не в таких экстремальных ситуациях. Изучают самочувствие, заболеваемость, уровень потребления витаминов и другие показатели. Иногда к это-



му привлекают добровольцев. Подобных исследований проведено очень много и у нас, и в других странах.

**Использовали ли для определения потребности в витаминах психофизиологические данные и показатели самочувствия: утомляемость, работоспособность и т.д.?**

Да, конечно. У детей проверяли даже такие показатели, как когнитивные функции, то есть обучаемость и т.д. (см., например, журнал «Вопросы детской диетологии»). У ребят при нормальном питании повышается концентрация внимания, они лучше запоминают информацию.

**Для расчетов фактического потребления витаминов используют таблицы, в которых указано содержание нутриентов (в том числе и витаминов) в пищевых продуктах. Но разве это содержание не зависит от многих факторов: где росло растение, сколько оно хранилось и других?**

Зависит. Однако в гораздо большей степени оно зависит от самого продукта. Различия в содержании витаминов между указанным в таблицах и измеренным составляют проценты, иногда десятки процентов, но содержание витамина не может уменьшиться в несколько раз. В тех случаях, когда витамин плохо сохраняется (например, аскорбиновая кислота в картофеле, овощах и фруктах), это известно, и на это делается поправка.

**Таблицы содержания витаминов составлены и для готовых блюд. Но ведь хозяйки могут варить борщ или жарить картофель не по тому рецепту, для которого определяли потери витаминов. Кто-то предпочитает, чтобы картошка была совсем мягкая, а кому-то хочется, чтобы она была потверже. Сильно ли различается содержание витаминов при разных способах приготовления пищи?**

Да, достаточно сильно, однако таблицы это учитывают. Потери отдельных витаминов при длительной готовке иногда составляют 50% и более.

**Есть ли дефицит витаминов в России сейчас, когда многие люди могут себе позволить более разнообразное питание, чем раньше, лет тридцать назад?**

Авитаминозов — полного истощения витаминных запасов организма — в нашей стране не бывает. Встречаются гиповитаминозы — снижение витаминной обеспеченности. Сезонность здесь наблюдается по витамину С, фолиевой кислоте (ее источник — листовые овощи) и каротиноидам (окрашенные в желтый, оранжевый, красный, иногда и в зеленый цвет овощи и фрукты). Их дефицит усиливается после зимы. Что касается других витаминов (особенно группы В), то их многим людям не хватает круглый год.

Если сравнивать обеспеченность витаминами за последние годы, то можно ска-

| Проявления  | Недостаточность витамина   |
|---|--|
| Бледность кожи и слизистых  | С, В <sub>12</sub> , РР, ФК, биотин, А   |
| Сухость кожи  | С, В <sub>6</sub> , биотин, А  |
| Шелушение кожи  | В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub> , биотин, А                                    |
| Кожные высыпания (угри, фурункулы)                                | В <sub>6</sub> , РР, А   |
| Склонность к микрокровоизлияниям                                  | С, Е, К  |
| Проблемы с волосами (сухость, тусклость, выпадение, перхоть)      | В <sub>6</sub> , биотин, А   |
| Конъюнктивит  | В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub> , А  |
| Светобоязнь, нарушение сумеречного зрения                         | А, В <sub>2</sub>  |
| Воспаления в уголках губ («заеды»)                                | В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub> , РР   |
| Воспаления слизистой рта, стоматит                                | В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub>  |
| Гипертрофия (увеличение) сосочков языка                           | В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub> , РР   |
| Глоссит — воспаление языка  | В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub> , В <sub>12</sub> , РР, биотин, ФК             |
| Пятна на языке  | В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub> , РР, биотин                                   |
| Диспептические расстройства, поносы, нарушение моторики кишечника | В <sub>12</sub> , РР, ФК, А  |
| Снижение аппетита   | А, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , В <sub>6</sub> , В <sub>12</sub> , биотин |
| Тошнота   | В <sub>1</sub> , В <sub>6</sub>  |
| Высокая восприимчивость к инфекциям                               | С, А   |
| Повышенная утомляемость, слабость, снижение работоспособности     | С, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , В <sub>12</sub> , А, Е                    |
| Раздражительность, беспокойство                                   | С, В <sub>1</sub> , В <sub>6</sub> , В <sub>12</sub> , РР, биотин              |
| Бессонница  | В <sub>6</sub> , РР  |

ФК — Фолиевая кислота

зять, что снизился дефицит по витамину С. Наверное, уже все знают, что он содержится во фруктах и овощах. Поскольку в торговой сети круглый год продаются свежие овощи и фрукты (в том числе цитрусовые), частота выявляемого С-гиповитаминоза снизилась с 60–80% до 10–30%. В нашей стране население хорошо обеспечено витаминами А и Е. Однако по витаминам группы В дефицит большой, в разных группах населения он наблюдается у 50–80% обследованных. Не хватает также каротиноидов, витамина D. Часто недостаток витаминов сочетается с недостатком некоторых элементов: кальция, йода и железа.

**В чем причина? Недостаток мяса, молочных продуктов, каш и хлеба грубого помола?**

Да, этих продуктов в некоторых группах населения стали потреблять меньше.

**Сказывается ли обилие кондитерских изделий, которые можно купить на каждом углу?**

Это тоже один из факторов. Кондитерские изделия содержат мало витаминов, а в основном — калории, жир, сахар.

**А как влияет зима на обеспеченность витамином D?**

Недавно проведенные в Калифорнии исследования показали его недостаток у части местных жителей. Что уж говорить о нашей стране! Зимой день короткий, часто бывает пасмурно, открыто только лицо, так что витамина D синтезируется очень мало. Основной его источник — пища. Раньше детям давали рыбий жир. Сейчас его можно купить в капсулах, это очень удобно. Или есть больше морской рыбы.

**Вносит ли кишечная микрофлора свой вклад в обеспечение организма витаминами? Иногда говорят, что этот вклад довольно велик.**

Нет, мы с этим не согласны. Вклад микрофлоры незначителен.

**Зависит ли эффективность всасывания витаминов от состава пищи?**

Да, конечно. Жирорастворимые витамины, каротиноиды лучше всасываются, если в пище есть хотя бы немного жира. На всасывание витаминов группы В влияют пищевые волокна. Когда их слишком много, всасывание затрудняется.

**Может ли нарушаться всасывание витаминов?**

Может. Например, при серьезных сбоях в работе поджелудочной железы, печени, кишечника.

**Приходилось слышать мнение, что дети, когда они могли свободно выбирать пищу, питались вполне сбалансированно и получали достаточное количество витаминов. Так ли это?**

Я тоже слышала об этом. Это исследование проводили давно. Однако взрослые чаще выбирают не то, что полезно для здоровья, а то, что дорого, дефицитно, престижно или что навязывает реклама. Да и дети сейчас тоже очень зависят от рекламы и от того, что едят их сверстники.

**Как производят витаминные препараты?**

Экстракцией из природного сырья получают иногда витамин Е (различные растительные масла), D (рыбий жир) и каротиноиды (экстракты водорослей, цветков). Небольшую часть, например витамин В<sub>12</sub>, производят с помощью



## РАССЛЕДОВАНИЕ

микробного синтеза. В основном же витамины получают химическим синтезом, при этом они абсолютно идентичны природным аналогам.

**У некоторых витаминов существуют изомеры. Например, у витамина А — несколько цис-транс-изомеров. Отделяют ли при их производстве биологически активные изомеры от неактивных?**

Обычно изомеры не разделяют.

**Понятно, что в любом случае витамины очищают от примесей. Какова при этом степень очистки?**

Она достигает 99% и более.

**Может ли навредить избыток витаминов?**

Понятие переизбыток (гипервитаминоз) применимо только в отношении четырех жирорастворимых витаминов: А, D, Е и К. Но и их передозировка возможна, только если превысить профилактическую дозу в десятки и даже сотни раз. Во всех остальных случаях «лишние» водорастворимые витамины свободно выводятся из организма вместе с мочой. Поэтому внимательно читайте инструкцию и принимайте витамины строго в указанной дозировке.

**Часто ли случаются аллергии при приеме поливитаминов?**

В подавляющем большинстве случаев аллергию вызывают не витамины, а вспомогательные вещества, которые используются в производстве поливитаминных комплексов, — ароматизаторы, красители, консерванты и прочие добавки. Такие реакции могут возникнуть и при парентеральном (в виде уколов) применении витаминов в больших дозах.

**Стоит ли время от времени менять комплексы?**

Если долго принимать один и тот же витаминный комплекс, его эффективность не уменьшается, поэтому часто менять витаминные комплексы не обязательно.

**Как лучше принимать витаминные комплексы: курсами или постоянно?**

Лучше использовать витамины постоянно и в виде комплексов, включающих минеральные вещества.





# УПС и детектор ошибок

*Два года назад не стало всемирно известного ученого и удивительного человека — Натальи Петровны Бехтеревой. В годовщину этого печального события мы предлагаем нашим читателям фрагменты из книги воспоминаний о ней, вышедшей осенью 2009 года в издательстве «Сова» в Санкт-Петербурге («Наталья Бехтерева. Какой мы ее знали». Под ред. С.В.Медведева). Эта глава написана ее сыном, членом-корреспондентом РАН и директором Санкт-Петербургского Института мозга человека им. Н.П.Бехтеревой — **Святославом Всеволодовичем Медведевым**.*



В начале 60-х годов XX века в жизни Натальи Петровны происходят два, казалось бы, не связанных события: трехмесячная стажировка в Великобритании и вызов к секретарю ЦК КПСС.

В Англии летом 1960 года НП (как ее называли друзья и ближайшие сотрудники) завязывает ряд очень важных знакомств с известными учеными. Но встреча в Бристоле с Греем Уолтером — пожалуй, крупнейшим исследователем человеческого мозга прошлого столетия — кардинально изменила ее жизнь. НП не раз говорила, что Грей один из очень немногих, кто действительно понимал мозг. Вероятно, так же, как ее дед — Владимир Михайлович Бехтерев (академик В.М.Бехтерев 1857–1927 — выдающийся психиатр, невропатолог, физиолог, психолог, основоположник рефлексологии и патопсихологического направления в России. Основал в Санкт-Петербурге психоневрологический институт. — *Прим. ред.*). Может быть, после общения с Греем НП решила исследовать не ЭЭГ, а сам мозг как наисложнейший объект во Вселенной.

Вообще НП вернулась из Англии совсем другим человеком. Изменился не только внешний вид (она радикально поменяла прическу). Самое главное, что уезжала она с одним темпераментом, а вернулась с другим. Это все равно что сравнить гоночный автомобиль с «Волгой».

## Великая материальная сила

НП начала поход за вживленные электроды. Вообще, походы были в ее стиле и ее страстью. Большинство заканчивались победой. У нас была шутка: «Идея, овладевшая НП, становится материальной силой».

Вживленные электроды... Даже сейчас, говоря о них, многие испытывают трепет. Хотя имплантация электродов и стимуляция подкорковых ядер при паркинсонизме — сейчас рутинная операция. А тогда об этом даже говорить было страшно. К тому же первыми этот метод разработали и применили фашисты в концлагерях. Я помню высказывания в то время об «этих канадцах» (имелись в виду величайшие ученые Джаспер и Пенфилд), которые забивают в голову живому человеку золотой гвоздь и проводят свои человеконенавистнические эксперименты. Наш парторг такого не допустит.

Но НП все преодолела. Как? Не знаю, по малолетству. Минздрав СССР дал разрешение, и в 1962 году в Ленинградском нейрохирургическом институте имени А.Л.Поленова (ЛНХИ) провели первую операцию по имплантации электродов больной, страдающей болезнью Паркинсона. И это было не слепое копирование гениального Уолтера. У него электроды вводили не прицельно, веером и потом уже проверяли, куда попали. НП предложила вводить их стереотаксическим методом и, что очень важно, — сказала, куда надо вводить. Именно на

этом и была позднее построена ее сотрудником и одним из моих учителей В.М.Смирновым наука — «стереотаксическая неврология».

Вообще, в этот момент НП поняла, что должна существенно расширить свои познания. Для ее новых устремлений уже не хватало только медицинских знаний. Она устраивает частные уроки для себя и своей ближайшей сотрудницы Натальи Ивановны Моисеевой. Проходит университетский курс матанализа, много пытается узнать от физиков. Кстати, именно НП начала массово принимать на работу в медицинские подразделения физиков и математиков.

Первую операцию начали утром, а закончили после полуночи. Столь долгое время объяснялось тем, что необходимо было провести расчеты для стереотаксического введения, а в распоряжении медиков тогда были только арифмометр и логарифмическая линейка. Оперировала блестящий нейрохирург Антонина Николаевна Орлова. Цена ошибки была и жизнь пациентки, и «жизнь» врачей, их дальнейшая работа. Но больная почувствовала себя лучше уже на операционном столе. Для первой операции НП выбрала тяжелейшую больную, которой не помогало никакое лечение. Она была прикованной к постели инвалидом, учительницей математики, которая даже не могла отличить круг от треугольника. И вот через несколько

---

Наталья Петровна Бехтерева (7.07.1924–22.06.2008) — известный нейрофизиолог, академик АН СССР. Отец — инженер и изобретатель Петр Бехтерев, был расстрелян в 1938 году как «враг народа», мать репрессировали и отправили в лагерь, а тринадцатилетнюю молодую девушку определили в детский дом с клеймом «дочь врага народа». В войну Н.П.Бехтерева жила в блокадном Ленинграде, потом в 1947-м окончила Первый Ленинградский медицинский институт им. И.П.Павлова. Работала младшим научным сотрудником в Институте экспериментальной медицины АМН СССР (1950–1954), затем до 1962 года в Нейрохирургическом институте им. А.Л.Поленова Минздрава СССР (прошла путь от старшего научного сотрудника до руководителя лаборатории и заместителя директора). В 1962 году стала заведующей отделом нейрофизиологии человека в Институте экспериментальной медицины АМН СССР, потом заместителем директора, а с 1970 по 1990-й — директором этого института. С 1990 года Н.П.Бехтерева была научным руководителем Института мозга человека РАН и заведующим научной группой нейрофизиологии мышления, творчества и сознания.



С Г. Уолтером. Англия, Бристоль, 1962 год

недель по коридору ЛНХИ неслась с огромным тюком в руках (помогала медсестре) молодая привлекательная женщина. Конечно, полностью паркинсонизм не ушел, это системное заболевание. Через двадцать лет женщина опять поступила в клинику, но двадцать лет нормальной жизни дорогого стоят.

Эти работы, по сути, стали настоящим прорывом в исследовании мозга. Впервые врач мог очень щадяще и вместе с тем эффективно вмешиваться в работу сложнейших мозговых систем. Но еще более важно то, что исследователь получал не традиционную электроэнцефалограмму с поверхности головы, а разнообразные сигналы «изнутри» мозга, вплоть до импульсов отдельных нейронов из коры и подкорковых ядер.

Говорят, что сегодня электростимуляцией мозга не занимается только ленивый. Более того, серийно производятся имплантируемые стимуляторы. Словом, рутинная. А в то время НП столкнулась с неприятием, которое иногда доходило до яростного сопротивления. Вообще подобное не раз случалось на протяжении всей ее жизни. Прорыв, успех, резкая критика, потом — множество людей, которые «всегда это знали», а через несколько лет — рутинный метод исследования или лечения. Иногда даже прямое заимствование результатов.

Через несколько лет, уже в больнице на улице Гастелло, случилась трагедия — пациентка с электродами повесилась. К сожалению, такое редко, но бывает. При паркинсонизме тяжелая депрессия более чем оправданна. В то время операция уже стала почти рутинной. Тем не менее поступила анонимка, и пришла строжайшая комиссия. НП с сотрудниками — а это была действительно команда — выстояли. Они доказали свою невиновность. Но чего это стоило! А если бы нечто похожее произошло с первой больной?

В 1962 году НП вызвали в ЦК КПСС. Принимал ее Александр Николаевич Шелепин — член Президиума и секретарь ЦК, один из самых влиятельных людей в то время. Разговаривали несколько часов очень неформально: «вообще» о науке, о жизни, о ее планах. Наталья Петровна рассказывала о том, что можно лечить болезни мозга, что можно и нужно исследовать, как мозг мыслит, как в нем организованы процессы, обеспечивающие эмоции, речь и многое другое.

Дальнейшее было полной неожиданностью. А.Н.Шелепин сказал, что принято решение назначить НП заведующей отделом науки ЦК (это был очень высокий пост, но тупиковая должность для ученого). Однако, поговорив с НП, А.Н.Шелепин понял, что нецелесообразно отрывать такого сильного ученого от науки. Он предложил ей любой институт или в любой институт на любой пост. Плюс обещание материальной



С первой пациенткой, вылеченной методом вживленных электродов



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

поддержки. Наталья Петровна выбрала Институт экспериментальной медицины, в котором решила организовать отдел.

Название отдела было вызывающим (как и многое, что делала НП): «Отдел прикладной нейрофизиологии человека». Вызывающим, поскольку в то время нейрофизиология была исключительно экспериментальной наукой, на кроликах и крысах. При этом у НП была программа исследования мозга на десятилетия вперед. Планировалось исследовать мозговую субстрат мысли, мозговые коды, то, как работают клетки мозга при деятельности человека, и применить эти знания для лечения больных.

Как известно, при создании новой организации возникают четыре проблемы.

Первая — программа работ. Она существовала в голове у НП и была отражена в ее выступлениях. Вторая — кадры, которые, как известно коммунистам, решают все. Нужно было подтянуть талантливую молодежь, а главное — руководителей среднего звена, завлабов и старших научных сотрудников. Как правило, такие люди либо уже имеют свое направление и их очень трудно переориентировать, либо они его так и не сформировали. НП удалось найти и заинтересовать и тех и других.

Третья — оборудование. Приборы дорогие, но они еще и фондируемые. В то время мало было иметь деньги, надо было еще быть включенным в план поставок. Одной из серьезных проблем, как уже говорилось, было большое время стереотаксических расчетов. Все это время (часы) больной лежал на столе с трепанационным отверстием, прикрытым салфеткой. Поэтому НП идет к Акселю Ивановичу Бергу — тогда он был главным в стране по кибернетике — и выпрашивает у него самую современную в то время машину «Минск-1». И вот в большом зале на Кировском проспекте устанавливается ЭВМ. На лампах. Она часто выходила из строя: то лампа перегорит, то контакт окислится. Скорость ее вычислений поражала воображение — 2000 операций в секунду. Картина была впечатляющая. Посередине комнаты стоит ревущий и гудящий монстр, а вокруг него пляшут несколько голых (в одних трусах) инженеров и техников, непрерывно его ремонтируя. Голых, потому что машина потребляла киловатты и исправно превращала их в тепло. Но свою задачу проведения операционных расчетов она впервые в мире выполняла.

И наконец, четвертая проблема: помещения. Сначала дали три комнаты без мебели на Кировском проспекте. Ремонтировали сами. Клиники не было. Потом постепенно прибавлялась комната за комнатой. Вместо своей клиники появлялись

клинические базы в разных больницах города. Нельзя сказать, что это было оптимальным решением, но положение спасало.

Зачем НП была нужна клиника и работа с больными? Она сформировалась именно в условиях больницы и считала себя настолько же врачом, насколько и ученым. Кроме того, слово «прикладной» в названии отдела отражало направленность работы — поиск и применение новых методов лечения на основе знаний о мозге человека. Надо понимать, что в то время задача исследования мозговых кодов психической деятельности в практическом смысле считалась не то что невыполнимой, но даже чем-то вроде научного авантюризма. Об этом мечтал Грей. Но он был предельно независим и почти нищим, поэтому мог себе позволить такое поведение.

А у нас исследовали нейрон, отдельные клетки и их ансамбли, а также поведенческие реакции, условные рефлексы. Причем в основном на виноградных улитках, на крысах, кроликах. Именно эти работы составили славу отечественной физиологии. Но они не дали исчерпывающего ответа на то, как это происходит у человека.

Именно мечта о раскрытии кодов мозга и была той мощнейшей силой, которая заставила НП работать в клинике. Ведь в то время не было, по сути, ничего, кроме ЭЭГ. Не было средств нейровизуализации, таких, как ПЭТ или фМРТ. В руках НП был прорывной метод долгосрочных имплантированных электродов, непосредственный контакт с мозгом. Возможность регистрации активности из глубины мозга. Наконец, регистрация импульсной активности нейронов.

Но такую операцию, безусловно, можно было делать только для лечения тяжелого заболевания ... Именно поэтому работа с больными — очень мощный способ познания устройства человеческого мозга. Это одновременно и способ поиска новых методов лечения. Один из наших лозунгов: «Когда знаешь, как устроена система, становится понятно, как ее чинить»...

## Утро — не для дирекции

Вообще, создать такое — подвиг. Но надо еще учесть, что это все было создано при затрате времени три часа в день. НП позволяла себе заниматься административной работой только после трех часов дня. Утро было для лаборатории, для науки. Только это позволяло ей оставаться в первую очередь ученым даже при огромных административных нагрузках.

В шестидесятые годы Наталья Петровна выдвигает целый ряд прорывных концепций и теорий.

*Теория устойчивого патологического состояния.* НП рассказывала, что это было для нее как озарение, и долгое время считала, что теория настолько очевидна, что наверняка уже существует — она просто о ней не знает. Она даже исподволь расспрашивала коллег, не слышали ли они о том, где можно ознакомиться с этой концепцией. Никто не знал. И тогда она решила написать на публикацию.

Организм человека в норме поддерживает нормальное состояние. Это было известно. При определенных заболеваниях, обычно хронических или длительных, в организме формируется патологическое состояние, при котором организм борется с болезнью или просто старается выжить. Суть теории в том, что это патологическое состояние может стать устойчивым и самоподдерживающимся. Даже когда фактор, вызывающий проблемы, пропадает, организм может сам из этого состояния не выйти. Вот это состояние, когда организм продолжает вести себя как больной уже при отсутствии болезни, НП назвала устойчивым патологическим состоянием — УПС.

Физиологически механизм его формирования понятен. Ведь гомеостаз, стабильность — универсальное свойство живых систем. Именно он поддерживает выживание. Однако в какой-то момент организм начинает «считать правильным» с трудом достигнутое патологическое, но тем не менее обеспечивающее жизнь состояние. Из этого вытекает еще один важнейший момент. Переход из УПС к нормальному состоянию дол-

жен сопровождаться фазой дестабилизации. Одно устойчивое состояние не может плавно перейти в другое, на время должно произойти ухудшение. Кстати, это и есть причина устойчивости УПС — организм борется против ухудшения состояния. Сейчас это звучит вполне логично и, кажется, не может быть иначе. Именно поэтому НП думала, что не она первая, что кто-то это уже сформулировал. Но она была первой.

Как и во многом другом. Еще одно крупнейшее открытие НП и Валентина Борисовича Гречина в 1968 году — *детектор ошибок*. Открытие было сделано попутно, в процессе лечения разных заболеваний (болезни Паркинсона, эпилепсии и пр.) с помощью долгосрочных имплантированных электродов.

Предполагается, что симптомы разнообразных заболеваний мозга вызваны тем, что определенные его элементы функционируют неправильно, следовательно, выключение этих участков или определенное воздействие на них может устранить симптомы заболевания. Это, в общем, было известно. Но весь вопрос в том, какие это участки и что нужно с ними делать. В мозгу около 10 миллиардов нейронов, и каждый из них работает по-своему. Это означает, что в миллиметре друг от друга могут находиться участки, деятельность которых будет поддерживать совершенно разные функции. Кроме того, мозг каждого человека уникален как по форме (размеру и форме головы), так и по локализации его функциональных зон на микроуровне. А воздействовать надо именно на участки со строго определенной специализацией, которые еще нужно найти. НП уже знала, где приблизительно находится цель, но только приблизительно. А для выздоровления больного это надо знать точно. Случайное разрушение не того участка может привести к печальным последствиям.

Поэтому из золотой царской монеты были специально изготовлены проволочки толщиной в сто микрон. Их скручивали и прицельно вводили по шесть таких тончайших пучков в полушарие, причем контакты у этих электродов были расположены на небольшом расстоянии друг от друга по длине пучка. Сначала электрическими импульсами воздействовали на различные участки около электродов и определяли, где находятся нужные. Потом их начинали либо «воспитывать», либо выключать. Сначала выключение было временным, чтобы проверить, нет ли побочных эффектов и присутствуют ли позитивные. И только если все было нормально, эти участки разрушали.

Принципиально важно, что, когда электроны введены, с их помощью можно не только воздействовать на мозг, но и регистрировать информацию из мозга. Так были получены внутримозговые аналоги ЭЭГ, данные о мозговом кровотоке, исследованы так называемые сверхмедленные процессы, а позднее — импульсная активность нейронов. Для этого, в частности, больного просили решать определенные психологические задачи. Иногда он выполнял их правильно, а иногда ошибался. Оказалось, что, когда человек делает ошибку, концентрация кислорода в мозгу меняется. Уровень кислорода отражает мозговой кровоток, а он, в свою очередь, связан с активностью нейронов на определенном участке. Так обнаружили область, контролирующую правильную деятельность мозга. Этот механизм назвали детектором ошибок.

Через десять лет финский ученый Ристо Наатанен открыл феномен «негативности рассогласования». Это сигнал на электроэнцефалограмме, который возникает, когда вы сталкиваетесь с чем-то неожиданным в окружающей слуховой среде. Вы ведете машину, вы не слышите звука двигателя. Но как только он застучит, вы сразу же реагируете. Это значит, что вы обращаете внимания не на рутину, а только на что-то необычное и важное. Это тоже разновидность детектора ошибок.

НП писала о том, что система детекции ошибок является одной из основных в деятельности мозга. У нас для большинства видов рутинной деятельности есть некий стандарт того, как это надо делать. Когда вы утром встаете, то не планируете определенные процедуры: мытье, бритье и прочее. Вы это де-



лаете автоматически. Так, можно одновременно можно чистить зубы и обдумывать дела на день, ведя машину — разговаривать. Это обеспечивает матрица «стандартов», которая может быть очень жестко прошита и быть сиюминутной — как в случае с двигателем: вы его не слышите, считая это нормальным, и т. д.

Детектор ошибок — механизм, который реагирует на расогласование реальной деятельности с ее моделью: поднимается «флажок» — ошибка. Это базовый механизм мозга, который, как установили недавно, работает, даже если больной находится в состоянии комы. Он действует независимо от нашего сознания. Если этот механизм ломается, то с мозгом происходят достаточно серьезные расстройства, так как он контролирует почти все виды деятельности.

Значение своего открытия НП осознала сразу — и в этом ее главная отличительная черта как ученого: не просто регистрировать новые данные, но пытаться дать им объяснение и определить их значение. Другие исследователи обратили внимание на детектор ошибок лишь спустя четверть века. С начала девяностых годов количество публикаций на эту тему растет лавинообразно. Это понятно, потому что в начале девяностых появилась техника, с помощью которой стало возможно исследовать эти процессы с небольшими затратами и сложностями. И, как это всегда бывает, за рубежом не только не ссылались на нас, но и объявили себя первооткрывателями. Несмотря на то что НП многократно описала этот механизм, причем в англоязычной литературе. Интересно, что западные исследователи (со многими она была знакома) спрашивали НП об этом явлении, поэтому трудно себе представить, что они по незнанию приписали себе приоритет. Какой же ценности должно быть открытие, если ради него идут на открытый грабёж!

Третья концепция НП, выдвинутая приблизительно в то же время, — очень красивая теория об обеспечении различных видов деятельности мозговой системой со звеньями различной степени жесткости. Суть ее в том, что *для обеспечения деятельности в мозгу образуется система из нервных клеток*. С одной стороны, это утверждение сейчас кажется почти очевидным. Но в то время еще не до конца был решен спор между локализационистами, полагавшими, что в мозгу существуют специализированные области-центры и один отвечает за речь, другой за внимание и т. д., и холистами, считавшими, что деятельность обеспечивает весь мозг. Веские аргументы были и у тех, и у других. И все-таки уже начало появляться мнение, что, скорее всего, это действительно система, но представление о ее свойствах было очень туманным. Настолько, что многие ученые, едва слышав в докладах слово «система», просто переставали слушать, полагая, что дальше последуют спекулятивные утверждения.

Наталья Петровна впервые заявила, что в системе есть звенья различной степени жесткости. Жесткие (меньшинство) — это костяк, который всегда принимает участие в работе при обеспечении конкретного действия. Это как постоянная команда. И при необходимости обеспечить это действие такой костяк набирает для работы все нервные клетки, которые в данный момент свободны от обеспечения других видов деятельности. Причем, как было показано позднее, эта система нестабильна. То есть при каждом выполнении одного и того же задания она меняется. Жесткие звенья остаются, а гибкие могут быть уже другими, расположенными в других участках мозга.

Значение этого открытия очень велико. Оно концептуально. Оно объяснило многие противоречия между холистами и локализационистами. Стала понятна причина изменчивости, нестабильности многих результатов.

Следует упомянуть и о том, что сейчас в принципе также кажется почти очевидным: о комплексном методе исследования мозга. В монографии 1971 года «Нейрофизиологические аспекты психологической деятельности человека» НП пишет: «...Комплексный метод включает в себя, с одной стороны, исследование влияния локальных электрических воздействий на



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

текущую и заданную эмоционально-психическую деятельность и, с другой стороны, анализ локальной динамики многих физиологических показателей состояния мозга при эмоциогенных и психологических тестах. С помощью указанного метода оказалось осуществимым, меняя условия наблюдения, вводя и исключая различные факторы внешней и внутренней среды, изучать, как, за счет каких сдвигов и в каких структурах мозга решается любая реализуемая мозгом психологическая задача».

Казалось бы, что тут такого: просто регистрируй все что можешь. Это не совсем так, точнее, совсем не так. Для того чтобы из купленных в магазине запчастей построить автомобиль, надо знать очень многое. Комплексный метод — это не только все регистрировать, но и иметь представление о том, как это взаимосвязано. О взаимодействии мозговых систем. Сейчас эти представления есть, поэтому комплексный метод воспринимается как нечто само собой разумеющееся. Тогда это было не так. Более того, можно сказать, что эти представления и появились благодаря комплексному методу.

Еще одной причиной было отсутствие приборов. Каждый из них регистрировал только один показатель: или ЭЭГ, или нейронную активность. Выполняя поставленную НП задачу, сотрудники отдела С.Г.Данько и Ю.Л.Каминский разработали полиэлектронейрограф — прибор, позволяющий одновременно, с одних и тех же электродов регистрировать различные виды биоэлектрической активности. Технически такой прибор было не очень сложно создать, но надо было поставить осмысленную задачу, зачем все это нужно и что с этими данными делать. Кроме того, были определенные психологические шоры. Исследователь, занимавшийся анализом ЭЭГ, не очень интересовался, что там получено с анализом импульсной активности нейронов. Ему хватало задач внутри его малого научного круга. Надо было преодолеть этот барьер.

Сейчас именно такой подход поставлен во главу угла. Например, Совет по науке северных стран (Скандинавия, Дания, Эстония и др.) дал грант и присвоил звание центра совершенства (center of excellence) группе лабораторий из этих стран, в том числе и нашему институту, для решения задачи когнитивного контроля. Определяющим стало такое построение исследований, при котором мы выработали общую стратегию исследования, но каждый выполняет свою часть работы: мы — ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография. — *Примеч. ред.*), в Бергене — функциональную магниторезонансную томографию, в Хельсинки — магнитоэнцефалографию. Это прямое применение комплексного подхода, разработанного НП.

Хочу подчеркнуть: эти концепции были сформулированы не сейчас, когда накоплена огромная база данных, когда у нас в руках разнообразные методы картирования мозга. Образно говоря, сейчас открыть периодический закон Менделеева проще простого. Открыты все элементы, вычислены их атомные веса, известна квантовая структура атома. Но во время Дмитрия Ивановича Менделеева имелся минимум противоречивой, иногда ошибочной информации. Именно в таком положении была и НП.





# Современная история сотворения мира

Что было до Большого взрыва? Что происходило после него? И есть ли за пределами нашего мира иные миры, возможно, похожие на наш и существующие параллельно? Ответы на эти вопросы дает **Алекс Виленкин**, физик, профессор университета Тафтса (США), в своей блестящей научно-популярной книге «Мир многих миров». Книга выпущена издательством «Астрель» в 2009 году при поддержке Фонда Д.Зимина «Династия». Предлагаем вашему вниманию главу из этой книги и настоятельно советуем найти ее в книжных магазинах или библиотеках и прочитать полностью. Читателям «Химии и жизни» эта книга, несомненно, доставит большую радость.

*Элементы были приготовлены быстрее,  
чем готовится утка с жареной картошкой.*  
Георгий Гамов

## Туннелирование сквозь железный занавес

Идея первичного огненного шара родилась в голове Георгия Гамова, очень колоритного физика российского происхождения, с которым мы еще не раз встретимся на этих страницах. Его коллега Леон Розенфельд (Leon Rosenfeld) писал, что это был «славянский гигант с огненной шевелюрой, очень ярко говорящий по-немецки; в действительности он был ярок во всем, даже в своей физике». Еще аспирантом Гамов прослушал фридмановский курс лекций по общей теории относительности в 1923—1924 годах в Петрограде, так что знал о расширяющейся вселенной, можно сказать, из первых рук. Он хотел вести исследования в области космологии под руководством Фридмана, однако неожиданная смерть последнего не позволила этим планам реализоваться. В итоге Гамову пришлось писать диссертацию по динамике маятника — теме, которую он называл «в высшей степени унылой».

В 1928 году с подачи своего прежнего профессора Ореста Хвольсона Гамов получил стипендию и провел лето в Германии, в Геттингенском университете. Тогда полным ходом шла разработка квантовой механики, и Геттинген был одним из ведущих центров этих исследований. Физики пытались ухватить суть новой теории и внести вклад в ее стремительное развитие. Дискуссии, начинавшиеся



днем в семинарских аудиториях, продолжались вечерами на улицах и в кафе, и было трудно не заразиться этой волнующей атмосферой открытия. Гамов решил исследовать, что может сказать квантовая механика о строении атомных ядер, и очень быстро получил первые результаты. Он использовал так называемый туннельный эффект — проникновение квантовой частицы через барьер — для объяснения радиоактивного распада ядер. Его теория прекрасно согласовывалась с экспериментальными данными.

Когда в конце лета пришло время возвращаться в Петроград (уже ставший Ленинградом), Гамов решил сделать остановку в Дании и посетить легендарного Нильса Бора, одного из основоположников квантовой теории. Рассказ о работе по радиоактивности (которая еще не была опубликована) произвел на Бора такое впечатление, что он предложил Гамову место научного сотрудника в своем институте в Копенгагене. Конечно, приглашение было с восторгом принято, и Гамов продолжил работу в области ядерной физики, став вскоре признанным авторитетом.

В 1930 году Гамова пригласили сделать большой доклад на конгрессе по атомному ядру в Риме. Он уже готовился пересечь Европу на своем маленьком мотоцикле, когда выяснил в советском посольстве, что его паспорт не подлежит продлению и ему придется вернуться в Советский Союз, прежде чем ехать куда-либо еще. Прибыв в Ленинград, Гамов сразу понял, что дела плохи. Сталинский режим закручивал в стране гайки. Наука и искусство должны были соответствовать официальной марксистской идеологии, и всякий, кого обвиняли в «буржуазных» идеалистических взглядах, подвергался жестокому преследованиям. Квантовая механика и теория относительности Эйнштейна были объявлены ненаучными и противоречащими марксизму-ленинизму. Когда Гамов упомянул о квантовой физике на публичной лекции, сотрудник органов прервал его выступление и распустил аудиторию. Гамова предупредили, чтобы он не повторял таких ошибок. Еще до этого инцидента ему было велено забыть о зарубежных поездках и не утруждать себя обращениями за паспортом. «Железный занавес» плотно закрылся. Гамов понял со всей ясностью: он должен любой ценой вырваться из Советского Союза.

Вместе со своей женой Любой, которая вышла за него вскоре после возвращения в Ленинград, он готовился к побегу. План состоял в том, чтобы пересечь Черное море и добраться в Турцию из Крыма. Идея эта кажется ребяческой, но они намеревались проделать это на байдарке. У Гамовых был недельный запас провизии и простой навигационный план: грести прямо на юг. Однако Черное море не зря называют черным. Ранним утром, затемно, когда двое искателей приключений отправились в путь, оно было идеально спокойным, но к вечеру ветер усилился, и поднялась волна. Ночью им с колоссальным трудом удавалось удерживать лодку на плаву. Признав свое поражение, они теперь стремились просто добраться до бе-

рега и, когда на следующий день им это удалось, чувствовали себя счастливыми.

Когда летом 1933 года Гамову сообщили, что ему доверено представлять Советский Союз на престижном Сольвеевском конгрессе по ядерной физике в Брюсселе, это стало для ученого полной неожиданностью. Он был вне себя от восторга, но не понимал, как это случилось. Все объяснилось после прибытия на конгресс. Когда Гамов не появился в Риме, Нильс Бор забеспокоился и стал разыскивать своего старого друга. Он попросил французского физика Поля Ланжевена, члена Французской коммунистической партии, использовать свои связи, чтобы организовать приезд Гамова на Сольвеевский конгресс. Однако Гамов был потрясен, когда узнал, что Бор лично поручился Ланжевену за Гамова, пообещав, что тот вернется в Советский Союз! В тот вечер за ужином Гамов оказался за столом рядом с Марией Кюри, знаменитой первооткрывательницей радия и плутония, и рассказал ей о невыносимой ситуации, в которую попал. Мадам Кюри близко знала Ланжевена (ходили слухи, что даже очень близко); она сказала, что поговорит с ним. После бессонной ночи и дня тревожного ожидания Гамов узнал от нее, что вопрос улажен и он может не возвращаться. На следующий год он получил пост профессора в университете Джорджа Вашингтона в Соединенных Штатах.

## Первичный огненный шар

Гамов понимал, что ранняя Вселенная была не только сверхплотной, но также и очень горячей. Причина в том, что газы разогреваются, когда их сжимают, и охлаждаются при расширении. (Велосипедисты говорят, что им это хорошо известно: когда шины накачивают воздухом, они становятся теплыми.)

Чтобы понять, почему расширение вызывает остывание, рассмотрим газ, заключенный в большой ящик. Молекулы газа можно представить в виде маленьких шариков, которые отскакивают от стенок ящика. Вообразите теперь, что эти стенки раздвигаются. Как повлияет их удаление на молекулы? Если вы на тренировке бросите теннисный мяч в стену, он отлетит к вам с той же скоростью. Но представьте на мгновение, что стена от вас удаляется. Скорость мяча относительно стены будет тогда меньше, и он отскочит назад медленней, чем вы его бросили. Аналогично и молекулы в расширяющемся ящике будут замедляться при каждом отскоке от стены. Температура пропорциональна средней энергии молекул, и, следовательно, в ходе этого процесса она будет убывать. Конечно, в расширяющейся Вселенной нет движущихся стен, но частицы отскакивают друг от друга, и это точно так же влияет на температуру. Увеличиваясь, Вселенная становится все холоднее и холоднее. А значит, чем дальше мы отступаем в прошлое, тем горячее она должна быть, если же продолжить экстраполяцию до самой сингулярности, Вселенная становится бесконечно горячей.

При температурах свыше нескольких сотен градусов Кельвина связи, удерживающие атомы в молекулах, уже не способны противостоять теплу, и молекулы распадаются. Дальнейшее повышение температуры ведет к постепенному разрушению атомов. Сначала, около 3000 градусов Кельвина, электроны отрываются от атомных ядер, затем, примерно при миллиарде градусов, ядра распадаются на протоны и нейтроны (собирабельно называемые нуклонами), и, наконец, с приближением к триллиону градусов нуклоны разбиваются на свои элементарные составляющие, называемые кварками.

Помимо частиц материи, из которых состоят атомы, первичный огненный шар содержал также огромное количество квантов излучения — фотонов. Фотоны — это пакеты



электрической и магнитной энергии; из них состоит обычный видимый свет. Движущиеся заряженные частицы испускают и поглощают фотоны, поэтому довольно быстро устанавливается равновесие, при котором фотоны поглощаются в том же темпе, что и излучаются. Чем выше температура, тем больше плотность энергии фотонов в равновесии. Кажется, что рецепт горячего космического супа выглядит очень просто: раздробите все на самые мелкие части, перемешайте и, не скупясь, приправьте фотонами. Однако есть в нем и кое-что еще.

Чем дальше мы продвигаемся назад во времени, тем энергичнее становятся частицы, тем теснее им и тем чаще они сталкиваются друг с другом. Чтобы понять состав огненного шара, надо знать, что случается при таких высокоэнергичных соударениях. Сталкивать элементарные частицы — любимое занятие ученых, специализирующихся на физике высоких энергий. Для этого строят колоссальные агрегаты, называемые ускорителями, где частицы разгоняют до чудовищных энергий, позволяют им врезаться друг в друга и смотрят, что получится. Это гораздо увлекательнее, чем наблюдать за столкновением бильярдных шаров, поскольку частицы при столкновении часто меняют свой тип, как если бы красный и синий шары при столкновении превращались в желтый и зеленый. Количество частиц также подвержено изменениям: две исходные частицы могут породить фейерверк из десятков новых, разлетающихся из точки столкновения. Подобные события повсеместно происходили в первые мгновения после Большого взрыва.

В таких столкновениях нельзя точно предсказать, что должно случиться. Существует множество возможных исходов, и физики, используя квантовую теорию, вычисляют их вероятности. Но это все, что можно сделать: в квантовом мире нет места определенности. Диапазон возможного ограничивается лишь несколькими законами сохранения, которые строго соблюдаются. Например, законы сохранения энергии и электрического заряда требуют, чтобы полная энергия и суммарный заряд до и после столкновения были одинаковыми. Таким образом, любой процесс, не запрещенный законами сохранения, разрешен и будет происходить с ненулевой вероятностью. В ранней Вселенной частицы безостановочно сталкиваются друг с другом, и огненный шар наполняется всеми типами частиц, какие только могут быть созданы в этих столкновениях.

Для каждого типа частиц есть античастицы с такой же массой и противоположным электрическим зарядом. Частицы и античастицы часто рождаются парами. Например, два фотона с энергиями больше той, что соответствует массе электрона (по формуле  $E = mc^2$ ), могут столкнуться и превратиться в электрон и его античастицу, называемую позитроном. Обратный процесс называется аннигиляцией пары: электрон и позитрон сталкиваются и превращаются в два фотона.

При температурах свыше 10 миллиардов градусов энергии частиц становятся достаточными для порождения электрон-позитронных пар. Как результат, огненный шар наполняется газом из электронов и позитронов, плотность которого примерно равна плотности фотонного газа. При еще более высоких температурах появляются все более тяжелые частицы. Физики занесли в свои реестры целый зоопарк различных частиц с массами, распределенными в весьма широком диапазоне. На верхнем конце этого диапазона располагаются W- и Z-частицы, которые в 300 000 раз массивнее электрона, и топ-кварк, у которого масса еще вдвое больше. Это самые тяжелые частицы, полученные к сегодняшнему дню на ускорителях. Они существуют в огненном шаре при температурах выше 3000 триллионов градусов. По мере приближения к этим температурам

наши знания о частицах становятся все более приближенными, а представления об устройстве первичного огненного шара — все менее и менее надежными.

Уравнения Фрийдмана можно использовать для определения температуры и плотности огненного шара в любой момент времени. Например, спустя одну секунду после Большого взрыва температура составляет 10 миллиардов градусов, а плотность — около 1 тонны на кубический сантиметр. Чтобы не повторять каждый раз слова «после Большого взрыва», я буду использовать сокращение ПБВ. Самая насыщенная событиями часть истории огненного шара, для которой характерна быстрая смена поколений экзотических частиц, приходится как раз на первую секунду его существования. W-, Z- и более тяжелые частицы широко распространены только в первую 0,0000000001 секунды ПБВ. Мюоны — частицы, похожие на электроны, но в 200 раз более тяжелые, — аннигилируют со своими античастицами около 0,0001 секунды. Примерно в то же время триплеты кварков соединяются вместе, образуя нуклоны. Последними аннигилируют электрон-позитронные пары. Они исчезают около 1 секунды ПБВ. Чтобы в наше время осталось некоторое количество электронов и нуклонов, в тот период должен иметь место небольшой избыток кварков по сравнению с антикварками и электронов по сравнению с позитронами. По истечении первой секунды в составе космического супа остаются нуклоны, электроны и фотоны.

## Алхимия Гамова

Частицы вроде кварков W и Z не были известны во времена Гамова, он не слышал даже об электрон-позитронных парах. Больше всего его интересовала история космоса после первой секунды ПБВ. Еще в начале своей карьеры Гамов увлекся проблемой происхождения атомов. В природе обнаруживается 92 различных типа атомов, или химических элементов. Некоторые из них, такие, как водород или гелий, распространены очень широко, тогда как другие, например золото или уран, встречаются крайне редко. Гамов хотел понять причину этого: чем определяется распространенность элементов?

Алхимики пытались получить золото из более распространенных элементов, но, как мы теперь знаем, есть весьма серьезные причины, не позволившие им достичь успеха. Чтобы превратить один элемент в другой, надо изменить состав атомных ядер. Однако энергии частиц, необходимые для ядерных трансформаций, в миллионы раз больше тех, что связаны с химическими реакциями, и выходят далеко за пределы того, что было доступно алхимикам. Такие энергии достигаются в водородной бомбе, но ни в каких естественных процессах на Земле они не встречаются. Поэтому наблюдаемая нами сегодня распространенность элементов в точности такова, как и 4,6 миллиарда лет назад, в эпоху формирования Солнечной системы. Важное исключение составляют радиоактивные элементы, подобные урану, которые самопроизвольно распадаются на более легкие. Атом урана превращается в свинец в среднем за 4,5 миллиарда лет, из-за чего количество урана постепенно уменьшается. Собственно, наши лучшие оценки возраста Земли получены путем измерения относительных количеств урана и свинца.

Вопрос о происхождении элементов естественным образом наводит на мысль о недрах звезд. Эти гигантские раскаленные газовые шары скрепляются силами гравитации. Наше Солнце состоит в основном из водорода — простейшего элемента, ядра которого представляют собой одиночные протоны. Температура в центральных областях Солнца превышает 10 миллионов градусов — этого достаточно для протекания ядерных реакций. Цепочка

реакций преобразует водород в гелий с выделением энергии, которая питает наше светило. Теория ядерных реакций, происходящих в недрах Солнца, была разработана в конце 1930-х годов Гансом Бете, физиком немецкого происхождения, который позднее получил за эту работу Нобелевскую премию. Однако для объяснения распространенности элементов его теория мало что давала. Производство гелия в звездах обеспечивает лишь малую долю от его огромного количества, наблюдаемого во Вселенной. Другой загадкой было присутствие дейтерия (тяжелого водорода), у которого очень хрупкие ядра. Они быстро разрушаются в горячих звездных недрах, и было трудно понять, откуда они вообще могли взяться.

Гамов придерживался мнения, что звезды попросту недостаточно горячи, чтобы стать той кухней, в которой готовились элементы, — он считал, что придумал идею лучше: подходящей печью он считал саму Вселенную вскоре после Большого взрыва. Для изучения ядерных процессов в горячей ранней Вселенной Гамов обратился за помощью к двум молодым физикам — Ральфу Альферу и Роберту Херману. Они рассмотрели горячую смесь нуклонов, электронов и излучения, однородно заполняющую Вселенную. Когда температура падает до миллиарда градусов, протоны и нейтроны могут соединяться, образуя ядра дейтерия. Последующие присоединения протонов и нейтронов быстро превращают дейтерий в гелий (ядра которого содержат по два протона и нейтрона). Однако на этом образовании ядер фактически останавливается. Дело в том, что стабильных ядер, состоящих из пяти нуклонов, не существует из-за некоторых особенностей ядерных сил, а одновременное присоединение более чем одного нуклона крайне маловероятно. Это так называемый пятинуклонный провал. Расчеты показывают, что около 23% нуклонов входят в состав ядер гелия, а почти все остальные остаются в форме водорода. Образуется также небольшое количество дейтерия и лития.

Современный анализ, опирающийся на самые последние данные о ядерных реакциях и суперкомпьютерные модели, дает точные значения распространенности элементов после того, как они покинули космическое горнило. То, насколько хорошо результаты этих вычислений согласуются с астрономическими наблюдениями, весьма впечатляет. Астрономы могут определять химический состав далеких объектов, изучая спектр испущенного ими света. Теория горячего Большого взрыва твердо предсказывает, что ни одна галактика во Вселенной не должна содержать меньше двадцати трех процентов гелия: поскольку он производится в звездах, его первоначальная распространенность может только возрастать. И действительно, ни одной такой галактики до сих пор не обнаружено. Предсказанная распространенность дейтерия — чуть меньше одной десятичной, лития — менее одной миллиардной. Весьма примечательно, что столь сильно различающиеся значения подтверждаются наблюдениями. Можно было бы сказать, что 23% гелия — это просто счастливая догадка, но вероятность случайного совпадения целого набора чисел крайне низка.

Но как обстоят дела с тяжелыми элементами? Несмотря на все усилия, Гамов и его команда не смогли найти мост через пятинуклонный провал. Тем временем по другую сторону Атлантики главный защитник модели стационарного состояния Фред Хойл разрабатывал альтернативную теорию происхождения элементов. Он знал, что звезды, которые подобно нашему Солнцу пережигают водород в гелий, недостаточно горячи для этой задачи. Но что происходит, когда звезда исчерпывает свой водород? Тогда она больше не может противостоять собственной гравитации, ядро звезды начинает сжиматься, а его плотность и температура возрастают. После того как в центре тем-



пература достигает 100 миллионов градусов, открывается новый канал ядерных реакций: три ядра гелия сливаются и образуют ядро углерода. Когда весь гелий в центральной области израсходован, звезда сжимается дальше, пока температура не поднимется настолько, чтобы запустить реакции ядерного горения углерода. По мере развития этого процесса образуется слоистая структура, в которой более тяжелые элементы находятся ближе к центру (поскольку для их приготовления требуются более высокие температуры). В звездах, подобных Солнцу, этот процесс не заходит слишком далеко, но в более массивных светилах он продлевает весь путь вплоть до образования железа. За этой точкой топлива для ядерного горения не остается. Не поддерживаемая больше ядерными реакциями внутренняя часть ядра звезды коллапсирует, достигая невероятной плотности и температуры около 10 миллиардов градусов. Это приводит к гигантскому взрыву, называемому вспышкой сверхновой, при котором все внешние слои, содержащие наработанные элементы, выбрасываются в межзвездное пространство. Элементы тяжелее железа образуются во время коллапса и взрыва ядра. Обогащенный межзвездный газ служит сырьем для новых звезд и планетных систем. Распространенность тяжелых элементов, получавшаяся по расчетам Хойла и его сотрудников, хорошо согласовывалась с наблюдениями.

Хойл и Гамов разрабатывали свои идеи в 1940-х и 1950-х годах, и тогда их теории рассматривались как две конкурирующие модели происхождения элементов. Однако в итоге оказалось, что оба они были правы: легкие элементы образовались преимущественно в ранней Вселенной, а тяжелые — в звездах. Почти все известное вещество Вселенной находится в форме водорода и гелия, а на долю тяжелых элементов приходится менее 2%. Но они тем не менее исключительно важны для нашего существования: Земля, воздух и наши тела состоят в основном из тяжелых элементов. Как писал кембриджский астрофизик Мартин Рис, «Мы — звездная пыль, пыль давно умерших звезд».

## Космические микроволны

Процесс образования гелия начинается примерно через три минуты ПБВ и завершается менее чем за минуту. Вселенная продолжает расширяться в чудовищном темпе, а плотность и температура очень быстро падают. Но после насыщенных событиями первых минут темп космической драмы замедляется. С частицами вещества мало что происходит, наиболее значительные изменения касаются наполняющего огненный шар излучения.

На микроскопическом, квантовом уровне излучение состоит из фотонов, однако макроскопически его можно изображать состоящим из электромагнитных волн — колеблющихся узоров электрической и магнитной энергии. Волны разной частоты вызывают разные физические эффекты, и мы знаем их под разными названиями. Видимому свету соответствует лишь узкая полоска во всем электромагнитном спектре. Волны с более высокой частотой

называют рентгеновским излучением, а еще более высокочастотные — гамма-лучами. Двигаясь по частотам вниз, мы встретим микроволны, а за ними радиоволны. Все они распространяются со скоростью света.

По мере убывания температуры огненного шара интенсивность излучения снижается, а его частота постепенно сдвигается от гамма-лучей через рентгеновский диапазон к видимому свету. Важное событие происходит примерно через 300 000 лет ПБВ, когда температура становится достаточно низкой, чтобы электроны и ядра могли объединяться в атомы. До этого электромагнитные волны часто рассеивались на заряженных электронах и ядрах. Однако с нейтральными атомами излучение взаимодействует очень слабо, так что после образования атомов волны начинают свободно распространяться по Вселенной, практически ни на чем не рассеиваясь. Другими словами, Вселенная вдруг становится прозрачной для света.

Что случится после этого с космическим излучением? Ничего особенного, кроме того, что частота электромагнитных волн и соответствующая ей температура продолжают убывать по мере расширения Вселенной. В момент образования нейтральных атомов температура излучения составляла 4000 градусов, немного ниже, чем на поверхности Солнца. Если бы мы оказались там и смогли выдержать столь нездоровые условия, то увидели бы Вселенную залитой ярко-оранжевым светом. К моменту 600 000 лет ПБВ мы заметили бы, что цвет сменился на красный. Около одного миллиона лет излучение смещается за пределы видимого диапазона, в инфракрасную часть спектра. Так что для нас Вселенная погрузилась бы в полную темноту. Частота волн продолжает медленно уменьшаться, и к настоящему времени, которое соответствует космическому возрасту около 14 миллиардов лет, она опускается до микроволнового диапазона.

Эту историю космического огненного шара изучали молодые сотрудники Гамова Альфер и Херман. Они проследили ее вплоть до настоящего времени и пришли к удивительному выводу: мы должны быть окружены морем микроволн с температурой около пяти градусов Кельвина.

Работа Альфера и Хермана была опубликована в 1948 году. Вы, верно, подумаете, что она побудила большое число наблюдателей заняться поиском космических микроволн. В самом деле, первичное излучение — это прямая улика, буквально дымящееся ружье Большого взрыва, и его открытие должно было иметь колоссальное значение. Вы можете подумать, что, когда это излучение было зарегистрировано, за его предсказание была присуждена Нобелевская премия. Увы, на самом деле события разворачивались иначе.

## Дымящееся ружье

Может показаться странным, но предсказание космического излучения полностью игнорировалось на протяжении двух десятилетий — до тех пор пока его случайно не открыли в 1965 году. Два радиоастронома Арно Пензиас и Роберт Вильсон, работая в Bell Telephone Laboratories в штате Нью-Джерси, регистрировали постоянный шум в своей высокочувствительной антенне. Шум характеризовался температурой около трех градусов Кельвина и не зависел от времени суток и точки, куда была направлена антенна. В своей непреклонной решимости найти источник проблемы Пензиас и Вильсон тщательнейшим образом исключили все возможные помехи, которые им удалось придумать. Они даже выселили пару голубей, свивших гнездо в антенне, и удалили, по выражению Пензиаса, «белое диэлектрическое вещество», которое голуби после себя оставили. Но ничто не помогало — источник шума по-прежнему оставался загадочным.

Между тем в полусотне километров от них, в Принстонском университете, группа физиков занималась сооружением собственного радиоприемного устройства. Руководил работой Роберт Дикке, выдающийся физик, одинаково хорошо владевший как теорией, так и экспериментом. Он понял, что от ранних горячих стадий в истории Вселенной должно остаться послесвечение, и спроектировал антенну для его поиска. Когда принстонская группа уже была готова начать свои измерения, ее сотрудникам стало известно о затруднениях Пензиаса и Вильсона. Сразу стало ясно, что надоедливый шум, который те так настойчиво пытались устранить, как раз и является теми самыми космическими микроволнами, которые принстонцы еще только надеялись зарегистрировать!

Чрезвычайно интересен вопрос, почему космическое излучение было открыто случайно. Почему никто не прислушался к Альферу и Херману? Даже если в их статье что-то было упущено, почему потребовалось более 15 лет, чтобы кто-то другой пришел к тому же заключению? Ведь, в конце концов, это же было прямым следствием гаммовской теории горячего Большого взрыва.

Одной из причин, похоже, было то, что физики попросту не верили в реальность ранней Вселенной. «Как часто бывает в физике, — писал нобелевский лауреат Стивен Вайнберг, — ошибка не в том, что мы слишком серьезно относимся к своим теориям, а в том, что не воспринимаем их достаточно всерьез». Не в пользу Георгия Гамова был, возможно, и его характер, слишком яркий для того, чтобы к его обладателю внимательно прислушивались в научном сообществе. Склонный к розыгрышам, сочинявший непечатные лимерики и часто сильно выпивавший в баре, он явно не был типичным физиком. Наконец, в середине 1950-х ни Гамов, ни Альфер с Херманом не занимались активно теорией Большого взрыва: Гамов все больше интересовался биологией и выступил с важной догадкой о генетическом коде, в то время как Альфер с Херманом ушли из науки и занялись бизнесом. Нельзя не задуматься о том, что отсутствие признания их работы, вероятно, сыграло роль в этом решении. К середине 1960-х, когда Пензиас и Вильсон возились со своей антенной, работа группы Гамова была почти забыта.

Пензиас и Вильсон измерили интенсивность излучения на одной частоте (на которую была настроена их антенна), но теория предсказывала, что оно охватывает целый диапазон частот, а его интенсивность должна следовать простой формуле, выведенной Максом Планком еще на исходе XIX века. Это предсказание было блистательно подтверждено в 1990 году спутниковым экспериментом COBE (Cosmic Microwave Background Explorer — исследователь космического микроволнового фона), выявившим соответствие с формулой Планка с погрешностью менее одной десятичной.

Открытие космического микроволнового излучения было, без сомнения, эпохальным событием для космологии. Этот доступный непосредственному измерению реликт первичного огненного шара придал ученым уверенности в том, что все это им не приснилось, что Вселенная действительно имела горячее начало около 14 миллиардов лет назад. Пензиас и Вильсон получили в 1978 году Нобелевскую премию «за открытие космического микроволнового излучения». За его теоретическое предсказание никакой премии присуждено не было.

## Несовершенство творения

Если бы вначале Вселенная была совершенно однородной, она оставалась бы такой и в наши дни. Однородный разреженный газ, заполняющий Вселенную, становился бы все менее плотным, мир вечно оставался бы во тьме, а

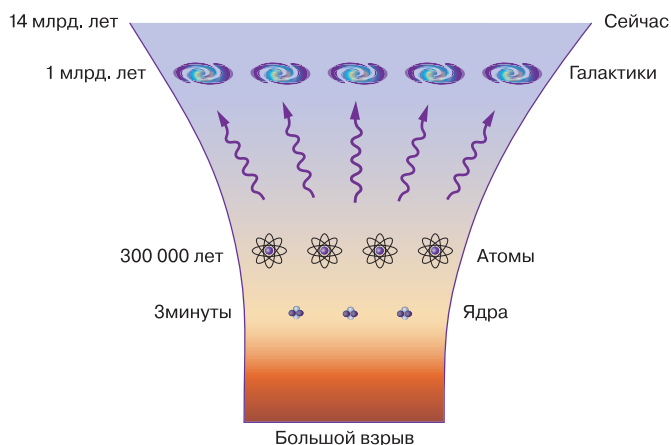


космическое излучение медленно сдвигалось бы в сторону все более низкочастотных радиоволн. Но одного взгляда на ночное небо достаточно, чтобы убедиться: наша Вселенная не столь безрадостна. Она залита сиянием звезд, которые разбросаны по космосу, образуя иерархию структур. Элементарные единицы этой структуры — галактики — содержат порядка 100 миллиардов звезд. Галактики группируются в скопления, которые, в свою очередь, образуют сверхскопления, простирающиеся на несколько сотен миллионов световых лет. (Световой год — это расстояние, проходимое светом за год. Оно составляет около 10 триллионов километров — всего в 100 раз меньше размеров наблюдаемой части Вселенной.)

Космологи связывают происхождение всех этих величественных структур с крошечными неоднородностями, существовавшими в первичном огненном шаре. Они могли разрастись до размеров галактик вследствие так называемой гравитационной неустойчивости. Допустим, что в некоторой области пространства плотность чуть выше, чем в ее окружении. Тогда у нее будет более сильное тяготение, и она притянет больше вещества, чем соседние области. В результате контраст плотности будет увеличиваться, и первоначально почти однородное распределение вещества станет превращаться в сильно неоднородное. Космологи считают, что именно так образовались галактики, скопления и сверхскопления. Согласно этой теории, первые галактики сформировались примерно через миллиард лет ПБВ. Звездный свет залил Вселенную, и темная эпоха закончилась. Процесс формирования галактик завершился не так уж давно — когда возраст Вселенной был около 10 миллиардов лет («всего» четыре миллиарда лет назад).

Можно подумать, что эта история обречена оставаться легендой, поскольку в те времена не было никого, кто мог бы ее подтвердить. Однако, как я уже подчеркивал, мы видим далекие объекты такими, какими они были много лет назад, когда был испущен регистрируемый нами сегодня свет. Так что, изучая более далекие галактики, мы уходим назад во времени. Время движения света от самых далеких галактик, доступных нашему наблюдению, составляет около 13 миллиардов лет, так что мы видим их в то время, когда Вселенной был всего один миллиард лет от роду. По сравнению с грандиозными спиральями, которые окружают нас сейчас, те галактики маленькие и неправильные, что служит признаком их молодости.

Еще более ранние эпохи в истории Вселенной можно наблюдать благодаря космическим микроволнам. Они распространяются без рассеяния почти 14 миллиардов лет с того времени, когда Вселенная стала прозрачной для излучения. Области, где эти волны испытали последнее рассеяние, удалены сейчас на расстояние 40 миллиардов



световых лет. (А не 14 миллиардов, как можно было бы подумать, поскольку Вселенная продолжает расширяться.) Таким образом, микроволны приходят к нам с поверхности гигантской сферы радиусом 40 миллиардов световых лет; ее называют поверхностью последнего рассеяния. Излучение, испущенное из областей с чуть более высокой плотностью, должно было преодолеть более сильное тяготение и, приходя к нам, имеет чуть меньшую интенсивность. Как следствие, более плотные области выглядят на микроволновом небе более тусклыми. Составляя карту интенсивности излучения в разных направлениях неба, мы можем получить изображение Вселенной в эпоху последнего рассеяния, когда ей было всего 300 000 лет.

Впервые карту микроволнового неба построила команда эксперимента COBE в 1992 году. Более подробная карта, которую получил 10 лет спустя спутник WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe — зонд имени Уилкинсона для изучения анизотропии микроволнового фона), представлена на рисунке. Темные оттенки серого соответствуют более высокой интенсивности излучения, однако разница между светлыми и темными пятнами составляет всего несколько сотысячных. Это означает, что во время последнего рассеяния Вселенная была почти идеально однородной. Все восхитительные структуры, которые мы сегодня видим на небе, были закодированы в этой аморфной ряби почти однородного космического фона.

## Современная история сотворения мира

На рисунке представлена история сотворения мира, которую мы до сих пор обсуждали. Эта история подтверждается многочисленными наблюдательными данными, и нет особых оснований сомневаться в том, что в целом она верна. Ее детали продолжают уточняться, а некоторые важные вопросы еще остаются открытыми. Одна из важнейших неизвестных — природа темной материи, которая проявляет себя гравитационным притяжением галактик и скоплений. Имеются веские основания считать, что темная материя состоит не из нуклонов и электронов, а, скорее, из каких-то еще не открытых частиц. От масс и взаимодействия этих частиц зависят детали процесса формирования галактик, но не общая картина, очерченная на рисунке.

Поистине удивительно, что мы можем наблюдать Вселенную такой, какой она была 14 миллиардов лет назад, и точно описывать события, происходившие спустя долю секунды после Большого взрыва. Это подводит нас невероятно близко к моменту творения. Но что в действительности случилось в тот момент, остается загадкой. На самом деле при более близком знакомстве Большой взрыв выглядит даже более странным, чем казался до сих пор.





## Смотреть «Доктора Хауса» станет легче

Когда-то любимым жанром молодежи была научная фантастика. Лучшие фантасты — конечно, братья Стругацкие. А среди зарубежных авторов, пожалуй, самым заметным был Айзек Азимов. Про Азимова мы знали, что он из тех, кого Высоцкий назвал «бывший наш народ», а еще — что он биохимик. И то, и другое вызывало к личности писателя особую симпатию. В 1978 году издательство «Химия» выпустило книжку «Мир углерода» в карманном формате. И автором этого научно-популярного текста неожиданно для нас оказался все тот же Айзек Азимов.

Впечатление от небольшой книжечки было ярким: о мире органических веществ рассказано просто и ясно, хотя и без уравнений реакций и почти без формул. Рассказ предназначался, очевидно, совершенно неподготовленным американским читателям, и Азимов справился с задачей великолепно. Помнится, возник интерес к Азимову как к популяризатору науки, хотя удовлетворен он тогда не был.

Но вот уже лет десять, как и у нас стали переводить и издавать научно-популярные книги этого прекрасного писателя. Оказалось, что в этом жанре он написал гораздо больше книг, чем в жанре научной фантастики, причем не только о химии, но также о биологии, физике, астрономии и даже истории. Одна из этих книг — «Мозг человека», изданная в серии «Популярная наука» издательства «Эксмо».

**А. Азимов.**

*«Мозг человека: строение и функции», Москва, издательство «Эксмо», 2010 год*

Подзаголовок книги обещает нам рассказ о строении и функциях головного мозга человека, но содержание книги гораздо шире: из 14 глав две посвящены мозгу как таковому, а в остальных рассказывается о железах внутренней секреции и гормонах, нервной системе и нервах, органах чувств и их деятельности, ощущениях и восприятии, рефлексах и сознании. По сути — небольшой учебник анатомии и физиологии, написанный понятным языком. Возможно, студенту третьего курса биофака или медицинского института книга Азимова покажется примитивной, однако профессор того же заведения оценит простоту и легкость повествования о том, как устроен и функционирует организм.

Коротко и ясно рассказать о сложном — редкий дар, который Азимов оттачивал, будучи аспирантом Колумбийского университета, а затем преподавателем биохимии в Медицинской школе Бостонского университета. В биографической статье описывается, как студент на семинаре заявил, что он никогда не поймет написанных на доске уравнений, на что Азимов ему ответил: «Чепуха! Следите за тем, что я говорю, и все будет ясно, как божий день». Это умение помогло Азимову стать известнейшим популяризатором науки.

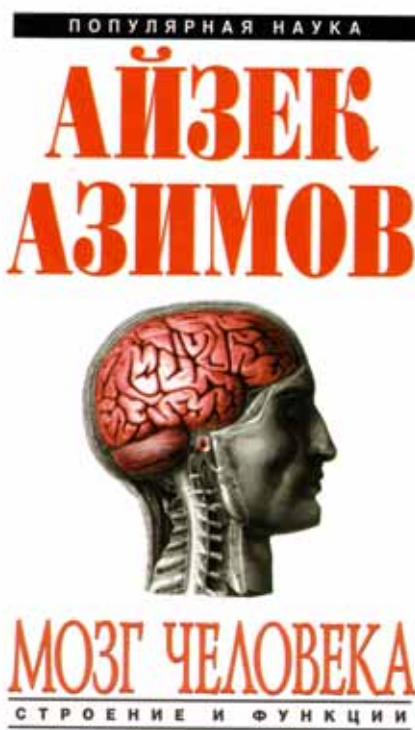
Если определить текст Азимова одним словом, то это слово — «увлека-

тельный». Читается на одном дыхании. При этом не возникает тягостного ощущения собственной неполноценности в сравнении с автором. Действительно, Азимов ведет читателя за собой, как того студента на семинаре, и все становится «ясно, как божий день». В своих научно-популярных книгах Азимов всегда объясняет происхождение терминов и приводит их латинские и греческие корни с дословным переводом. Рассказывает он также и об истории открытий, называет имена ученых, годы присуждения им Нобелевских премий. Эта информация делает книги писателя ценными для преподавателей химии и биологии.

Да и не только для них. Любому интересно узнать, что Рене Декарт считал шишковидную железу (эпифиз) вместилищем человеческой души, а Аристотель полагал, что мозг служит для охлаждения крови. «Таким образом, важнейший орган оказался уподоблен воздушному кондиционеру», — подытоживает Азимов. Найти точный образ — еще одна «фишка» писателя. А еще, оказывается (может, кто-то и раньше знал), что эпинефрин, о котором без конца поминают в «Докторе Хаусе», не что иное, как адреналин. Многие становятся понятным! Вообще, после книги Азимова смотреть «Доктора Хауса» станет легче. Заболевания, которые упоминают герои при постановке диагноза, Азимов описывает и объясняет их причины.

Читателю следует помнить две вещи. Во-первых, она написана не для профессиональных медиков или биологов. Профессионалы пусть читают какую-нибудь «Клиническую медицину». А эта книга призвана восполнить пробелы в среднем образовании, излишне не напрягая и даже доставляя интеллектуальное удовольствие. Поэтому и модели, предлагаемые Азимовым, вероятно, сильно упрощены. Кто хочет точнее и подробнее, пусть обращается уже к специальной литературе. Во-вторых, написана книга все-таки в 1964 году! С тех пор наука шагнула... Не то слово — унеслась далеко-далеко вперед. Понимая это, издательство «Эксмо» сопроводило текст Азимова комментариями. И вот тут начинается самое интересное!

Выполнены комментарии, видимо, тем же, кто писал послесловие. Судя по тексту комментариев, это биолог, хорошо разбирающийся в разных разделах науки о человеке. Издатель-



ство по какой-то причине не представило читателю этого, по сути, соавтора книги, комментарии которого, напечатанные мелким шрифтом, зачастую занимают большую часть страницы. Иной раз это объяснение термина, например, «паттерн», который англоязычному Азимову кажется не требующим специального истолкования. Или дополнительный интересный факт, как, например, то, что со слезами из организма выводится излишек адреналина (доктор Хаус сказал бы, эпинефрина). Понятно теперь, почему человеку, переживающему сильное горе, советуют поплакать.

Иногда комментарий содержит современную точку зрения на какую-то проблему, о которой Азимов знать не мог. А порой «соавтор» находит нужным углубить объяснения автора. Там, где Азимов в одной фразе объясняет, что калий, натрий и хлор содержатся в организмах в виде ионов, а в абзаце примечания разъясняет различие между ионами и атомами, образующими простые вещества, «соавтор» добавляет еще два абзаца про натрий и хлор, допуская попутно химическую ошибку: «атомы кислорода и воды, содержащиеся в воздухе». Главное, это добавление никак не проясняет сказанное ранее Азимовым, а потому излишне.

Или вдруг «соавтор» начинает высказывать странные суждения о запахе: «Практически любое летучее вещество вызовет какой-нибудь запах... «непахучее вещество» как раз и значит «совершенно не испускающее молекул со своей поверхности» (или испускающее неувольно мало). А как же вода? кислород? углекислый газ? угарный газ?... дальше перечислять? Но в основном комментарии все же представляют собой ценное дополнение к тексту Азимова с позиций современной науки.

Первый из комментариев в книге подписан анонимным «Прим. ред.», последующие идут без подписи. Наоборот, примечания самого Азимова везде поименованы как «прим. авт.». Пока не привыкнешь к тому, что неподписанное примечание принадлежит вовсе не автору, каждый раз возникает ощущение, что Азимов страдает таким раздвоением личности и сам с собой ведет странный диалог.

А диалог действительно иногда получается странный. Некоторые из комментариев «соавтора» сделаны в неприязненном по отношению к писателю, сварливом тоне, и этого нельзя

не заметить. Начать с того, что в комментариях Азимов порой фигурирует как «автор» (спасибо, что не «аффтэр» и не «выпей йаду»). Если бы сей автор носил фамилию Пупкин, допустимо было эту фамилию лишней раз не упоминать по причине ее неизвестности. Что касается Айзека Азимова, то вряд ли по ходу чтения книги читатель и тем более комментатор подзабыли, чью книгу читают. Если не хочется без конца повторять фамилию Азимов, можно заменить ее почтенным словом «писатель». Это в недоброжелательных рецензиях на интеллектуальный продукт пишут «автор» (в доброжелательных рецензиях пишут «уважаемый автор»).

А вот образец стиля: «Сейчас возникают такие теории и гипотезы, которые и вообразить не мог А.Азимов». Да никто не мог вообразить! А если бы мог, то тогда же и вообразил, а Азимов немедленно бы об этом написал!

Или на оценку писателем некоей модели («это требует таких сложных рассуждений, что доверие к ним уменьшается по мере возрастания их сложности») следует сделанное елейным голоском замечание: «Пожалуй, сложность рассуждений – не та причина, которая помешала бы этим рассуждениям оказаться истинными, не правда ли?» После этого можно было бы ожидать полного опровержения точки зрения, изложенной Азимовым. Но нет, просто утверждается, что та реакция, к нарушению которой Азимов не хочет сводить все причины метаболических расстройств при диабете, очень важна. Так Азимов и не заявлял обратного!

То вдруг дается оценочное суждение о «своеобразном угле зрения А.Азимова на человеческий организм», завершающееся риторическим вопросом: «Неужели сказалась многолетняя привычка автора законов роботехники к литературному конструированию многочисленных роботов?» Так и хочется грубо ответить за Азимова: «А тебе какое дело?» Впрочем, Азимов так бы никогда не ответил. Пишут, что он был приятным в общении человеком.

Вот чудесное начало комментария редактора к авторскому тексту: «Хм, можно представить себе, как эта фраза «порадует» тех читателей...» или: «Если на то пошло...». По поводу одного из утверждений Азимова: «Это утверждение слишком самонадеянно, так как...» А вот шедевр: «В этом месте хочется передать привет от

всего попугайского племени». Эта фраза – целиком, без купюр! – весь комментарий к рассуждению Азимова о «речи» животных. Раз уж «ред.» позволяет себе такие «прим.», то и я не удержусь от вопроса: «Означают ли ваши слова, что вы считаете себя полномочным представителем этого племени?»

Все эти ужимки, едкий сарказм, пренебрежительный тон напоминает ядовитые замечания, которые читатель порой отпускает на полях книги в адрес автора и его опуса. Только читатель делает это для своего удовольствия, а его комментарии прочитает лишь следующий читатель того же экземпляра книги. Но допустимо ли, чтобы в таком тоне были выдержаны комментарии официального редактора? Выглядит забавно: Азимов плавно и невозмутимо ведет свой рассказ, а из «подвала» мелкими буквами злобно подтягивает комментатор. Наверное, вспомнить сейчас басню «Слон и Моська» было бы невежливо по отношению к «соавтору». Будем считать, что я ее не вспомнила.

Кстати, «забавно» — одно из любимых словечек «соавтора». Уж что действительно забавно, так это наблюдать, как с высот ушедшей на 45 лет вперед науки современный специалист высокомерно указывает на промахи знаменитому писателю, к тому же давно ушедшему в лучший мир. Как-то неэтично это выглядит. Если хочешь поупражняться в остроумии – вот тебе Интернет, там чего только не пишут! Почему-то кажется, что именно интернетная повадка и сыграла злую шутку с нашим «соавтором». Ведь не все комментарии выполнены в брюзгливом тоне, большинство вполне нейтральны. Может быть, дала о себе знать привычка к язвительным замечаниям, характерным для диалогов в Интернете? Просто кто-то из редакторов издания должен был обратит на это внимание и внести правки.

Похоже, что оценка комментариев к тексту Азимова сделана в той же манере, что и сами комментарии. Может, не стоило писать об этом так подробно. Но я, как еще один представитель попугайского племени, не могу молчать! Кто-то ведь должен заступиться за нашего брата-химика?

**Е.Лясота**





# Город и его университеты

**М. В. Кожевников**

## Един в трех юбилеях

В июне 1909 года Николай II подписал указ об учреждении университета в Саратове, который состоял вначале из единственного факультета — медицинского. Поэтому в прошлом году Саратов отмечал столетие своего высшего образования. Осенью 1909 года начались занятия, причем — лекций по физике. Ее прочитал будущий третий ректор университета Владимир Дмитриевич Зернов (1983–1946, пост ректора занимал с 1918 по 1920 год), профессор в третьем поколении: его отец преподавал в московской Сельскохозяйственной академии, которая теперь носит имя Тимирязева, а дед — в Московском государственном университете. Торжества по случаю официального открытия состоялись в декабре, и до сих пор в Саратове спорят, когда лучше отмечать вековой юбилей университетов — летом, осенью или в конце года.

Саратовский университет был десятым в России: после Москвы, Петербурга, Казани, Харькова, Киева, Варшавы, Томска, Одессы и Дерпта (Тарту). Уни-

верситет Гельсингфорса (Хельсинки) со шведским, а позднее финским языком обучения в счет не шел: в автономном великом княжестве Финляндском обращались не рубли, а финские марки и была таможенная граница — с Петербургской и Олонецкой губерниями. Но в Саратове, естественно, направили поздравления все одиннадцать. До середины 1917 года в университете оставался единственный факультет: первые выпускники отправились военными на фронты Первой мировой войны.

Через три года открылся второй саратовский вуз — консерватория (ныне имени Собинова), третья в империи после Петербурга и Москвы. Этим было положено начало череде нововведений с номером три, осуществленных в Саратове после Москвы и Петербурга — Петрограда — Ленинграда: например, третья в СССР городская служба «скорой помощи» и третья государственная радиовещательная станция.

До переселения в учебные корпуса собственного городка, построенного накануне Первой мировой войны, университет (факультет) размещался в фельдшерско-акушерском училище. Здание и медицинское училище в нем благополучно существуют до сих пор. Неподалеку от него стоит сохранившие-

ся здание бывшей 1-й мужской гимназии. Иван Лажечников (автор исторических романов) и Иван Менделеев (отец Дмитрия Ивановича) были ее директорами, Н. Г. Чернышевский преподавал здесь русскую словесность, учились Н. Н. Зинин и П. Н. Яблочков.

При основании университет получил название «Николаевского» — по имени императора. А после Гражданской войны получил имя другого Николая — Чернышевского, «саратовского поповича»: он первый среди земляков стал широко известен всей стране. Другой саратовский вуз, чья история тесно связана с университетом — теперь это Саратовский государственный аграрный университет (СГАУ) — тоже «Николаевский»: он носит имя самого знаменитого ученого среди саратовской профессуры — Николая Ивановича Вавилова. Осенью 1917 года он стал профессором нового агрономического факультета, основанного тогда в единственном в городе университете.

Некоторую путаницу порождает бурная история саратовских вузов: они много раз то разделялись, то объединялись. Некоторые возникли на базе средних учебных заведений, а консерватория на несколько довоенных лет была разжалована в музыкальное училище. Другие



*Комиссия по учреждению и устройству Саратовского университета (1907).  
Сидят слева направо: профессор Н.Г.Ушинский, профессор Э.А.Незнамов, министр народного просвещения П.М.Кауфман, профессор В.П.Амаліцкий, профессор А.И.Щербаков; стоят: профессор А.А.Жандр, профессор И.П.Филевич.*



происходят от иногородних вузов, в разные годы перемещенных в Саратов. В Первую мировую войну при отступлении российских войск в Саратов эвакуировали из Дерпта (Тарту) Ветеринарную академию, из Киева — Коммерческий институт (торгово-экономический). В середине 30-х годов из Москвы перебазировали Инженерный институт механизации и электрификации сельского хозяйства (носивший имя М.И.Калинина еще при его жизни) и Юридический институт, в состав которого немедленно включили уже имевшийся юридический факультет университета.

### Размежеваться и объединиться

До середины 30-х годов, как и по всему СССР, в Саратове преобладало «почкование вузов», главным образом за счет классического университета — его прикладные факультеты становились самостоятельными институтами: юридическим, экономическим, медицинским, сельскохозяйственным. Это — современные академия права и три прикладных университета: социально-экономический, медицинский и аграрный. (Сейчас экономическое образование дается в нескольких саратовских вузах, в том числе на воссозданном экономическом факультете классического университета.) Осенью 1941 года в Саратов эвакуировали часть Ленинградского университета — филологов и физиков, ректораты университетов объединили. Часть физиков потом так и осталась в Саратове, став основой для послевоенного бурного роста научной школы радиопизики и электроники.

В конце 90-х размежевания сменились слияниями. Три сельскохозяйственных вуза — собственно сельскохозяйственный (агрономический и лесоводческий) объединили с инженерным и зооветеринарным в аграрный университет (СГАУ), получивший имя Н.И.Вавилова по наследству от одного из них. Классическим университетом (СГУ) были поглощены два пединститута — в Саратове и в Балашове. Но самый большой курьез — выделение первого университет-

ского факультета в самостоятельный медицинский институт. После Гражданской войны он стал больше, чем все остальные факультеты, вместе взятые. Еще в годы Первой мировой войны возникло военно-медицинское отделение, часть кафедр рассредоточили по отдельным зданиям на разных улицах в старом центре города, а на окраине построили клинический городок. Поэтому в конце 1959 года отмечали 50-летний юбилей сразу двух вузов — мединститута и университета.

Даже для краткого описания вековой истории высшего образования в Саратове и в четырех других городах области понадобится не одна книга. Только среди медиков — целая плеяда имен: В.И.Разумовский, А.А.Богомолец (будущий президент АН Украины), С.И.Спасокукоцкий... Студент первого набора в 1909 году Николай Иеронимович Краузе (сын немцев-колонистов) во время Великой Отечественной войны был главным хирургом многочисленных саратовских госпиталей. Бывший студент мединститута Федор Углов стал известен пропагандой абсолютного трезвенничества, а также как мировой рекордсмен профессионального долгожительства в практической хирургии (см. «Химию и жизнь», 2009, № 1).

Среди гуманитариев наиболее известны основатель и первый декан (с 1917 года) философского, а фактически историко-филологического факультета С.Л.Франк, известный философ начала XX века, экономист Л.Н.Юровский, автор проекта денежной реформы по введению советского золотого червонца, филологи Г.А.Гуковский и Ю.Г.Оксман, историк и культуролог В.В.Пугачев. Среди физиков — М.А.Ковнер, С.А.Богуславский, П.В.Голубков (один из ректоров СГУ), В.И.Калинин, Г.М.Герштейн. Среди химиков — С.И.Мустафин и Р.В.Мерцлин, который был ректором СГУ на протяжении многих лет, до середины 1960-х.

Особо надо упомянуть о Н.И.Вавилове, умершем в городской тюрьме — через дорогу от университетского городка. В подвале, в переполненной камере, голодавший академик содержался с осени 1941 года, он менее года не дожил

до уже намечавшегося выдвижения на Нобелевскую премию. Жена и сын жили тогда у родственников (сестра жены была замужем за проректором СГУ) — совсем рядом, не более десяти минут пешего хода до тюрьмы и университета... Но трое Вавиловых об этом не знали. Недавно снесен деревянный одноэтажный дом, где они жили.

Исторический доклад на международном съезде селекционеров и генетиков будущий академик, а тогда лишь профессор агрономического факультета, произнес в большой физической аудитории старого 3-го корпуса (он стоит вдоль Университетской улицы, бывшей Казарменной). Здесь тогда помещался физико-математический факультет. Школьником, каждые весенние каникулы участвуя в городских и областных олимпиадах, четыре года подряд я приходил в эту аудиторию: в угловом простенке около кафедры висит беломраморная доска с золотыми буквами, напоминающая о знаменитом выступлении Н.И.Вавилова. Студентом физического факультета здесь же я пять лет слушал лекции. А теперь почти ежедневно в центре города прохожу мимо серого гранитного памятника в полный рост. На валуне около постаменты высечены слова Николая Ивановича: «В огне гореть будем, но не отречемся».

Новые факультеты — юридический, философский (историко-филологический), естественно-математический (математика, астрономия, физика, химия, биология) были основаны летом 1917 года решением Временного правительства. Педагогический факультет образован осенью 1918 года из учительских курсов. В 20-е годы на волне революционного энтузиазма возникли экономический факультет и политехнический институт, который закрыли, не успев сделать первый выпуск. Некоторое время в составе университета был инженерный факультет — остатки закрытого института. Философскому факультету в июле 1918 года досталось здание биржи, из которого советская власть вычистила анархистов. Именно в этом здании местные анархисты в феврале 1918 года издали всемирно известный скандальный



декрет «О национализации женщин».

В начале 30-х годов появились два технических вуза: переведенный из Москвы Институт механизации и электрификации сельского хозяйства и вновь основанный Автомобильно-дорожный. По первоначальному замыслу он объединял строительство — дорожное и туннельно-мостовое — с автомобильной механикой и двигателестроением. К началу 60-х этот институт оброс многочисленными «непрофильными» специальностями: энергетика, автоматика и радиоэлектроника, авиационное приборостроение, станкостроение, непродолжительное время было даже самолетостроение! В 1964 году институт переименован в политехнический (теперь СГТУ — технический университет).

## Крыша над головой

Строительство и архитектура: до войны эти дисциплины преподавали местные старые специалисты, их творения до сих пор украшают центральные кварталы Саратова. В сорок первом среди эвакуированных москвичей оказался архитектор К.С.Мельников, известный с 20-х годов: он построил в Москве еще тогда, в годы нэпа, ряд уникальных зданий. Оставаясь до середины 50-х годов в Саратове (фактически в изгнании, будучи как «формалист» неугодным в столице), Мельников восстановил обучение архитектуре, создал местную «школу».

В истории двух современных саратовских университетов — классического и медицинского — выделяются два создателя образовательной инфраструктуры: архитектор и библиотекарь. Они успели поработать вместе — в конце 20-х и начале 30-х: молодой филолог Вера Александровна Артисевич, принявшая руководство еще скромной библиотекой, и старый архитектор Карл Людвигович Мюфке, исполнявший обязанности смотрителя за состоянием собственных построек, а также читавший гуманитариям курс по истории искусств. Кандидат филологических наук В.А.Артисевич после 22 июня 1941 года первые месяцы была временным ректором СГУ — до приезда ленинградцев.

А Мюфке, сын воронежского аптекаря, окончил задолго до этого в Петербурге Академию художеств со званием «архитектор-художник». Стажировался в Италии, побывал в других европейских странах, поступил в Казанский университет на должность архитектора-строителя. Когда казанского профессора медицины Василия Ивановича Разумовского назначили в Саратов ректором, он пригласил в числе прочих казанцев и Карла Людвиговича. Здесь Мюфке оказался востребованным: спроектировал, а затем руководил строительством двух ансамблей — университетского и клинического городков. За целый век после

него в Саратове не появился хотя бы еще один архитектурный ансамбль.

В середине 1950-х годов завершено строительство здания библиотеки, детского В.А.Артисевич. Она лично участвовала в начальных стадиях проектирования: за основу взяли нереализованный проект Карла Мюфке. Это было первое и надолго оставшееся единственным пост-



*Карл Людвигович Мюфке  
(1868—1933)*

роенное в СССР отдельное здание для вузовской библиотеки. Кстати, первым учреждением Петербургской академии наук, основанной по проекту Петра I, была именно библиотека, существовавшая с 1725 года.

## В начале

А когда вообще началась в Саратове фундаментальная наука? Осенью 1812 года в Саратове и уездных городах губернии появились пленные французы. Лейтенант инженерно-саперных войск Жан Виктор Понселе (будущий «бессмертный» — французский академик) от скуки занялся математикой и создал ее новый раздел — проективную геометрию, ставшую теоретическим обоснованием современного технического черчения.

После реставрации Бурбонов пленных отпустили на родину, но часть осталась в России, а многие предприимчивые через несколько лет приехали с семьями в знакомые места. В Саратове французы занимались ремеслами, торговали, преподавали язык, фехтование, рисование... На слова А.С.Грибоедова «в глушь, в Саратов» жители не обиделись, даже кокетничали: «Милости просим к нам, в саратовскую глушь!» В конце XIX века несколько лет даже издавалась газета «Глушь». С середины XIX века экономика края росла как на дрожжах: Саратов и соседняя заволжская Покровская слобода (теперь город Энгельс) — важный транспортный узел и центр первичной переработки продуктов сельского хозяйства. Почти весь XIX век в Российской империи двойником Саратова была Рига: по большинству статистических

показателей (экономических, демографических и культурных) оба города шли вровень. Близкими к саратовским и рижским были показатели Одессы. По отдельным новшествам Саратов опережал обе столицы — Москву и Петербург.

В 1840-х годах началось регулярное движение пароходов по Волге, что ускорило развитие города — экономичес-



*Жан-Виктор Понселе (1788—1867),  
инженер наполеоновских войск,  
впоследствии академик*

кое и культурное. Во второй половине XIX века Саратов посетили, проплывая на круизных пароходах, едва ли не все известные писатели и художники, в 1871 году началось регулярное железнодорожное сообщение с Москвой, в 1885-м открылся художественный Радищевский музей с отделом истории. Это был первый в империи муниципальный общедоступный музей — через восемь лет по его образцу получила такой же статус Третьяковская галерея, завещанная Москве купцом и промышленником П.М.Третьяковым. Теперь ГРМ (Государственный Радищевский музей) — единственное федеральное учреждение культуры, не только расположенное вне Москвы и Петербурга, но и с филиалами в городах-райцентрах. В последнем десятилетии XIX века за Саратовом закрепился эпитет «столица Поволжья»: город оказался на бойком месте! Он был достаточно удален от Москвы, чтобы не испытывать ее подавляющего влияния, как центры соседних областей, и тесно связан с Кавказом, Украиной, Польшей, Германией и Францией.

Верхушка саратовской общественности после отмены крепостного права и введения земского самоуправления раскололась надвое: «шибко образованные» говорили о необходимости университета, а «благонамеренные» возражали — это же будет рассадник крамолы! Как только саратовский губернатор Петр Аркадьевич Столыпин возглавил российское правительство, к нему зачастили делегации из Саратова: просили подействовать в учреждении университета. Результат известен: из нескольких городов, «стоявших в очереди за уни-



верситетом», выбран в 1909 году Саратов. Но реализовали результат сего выбора по протекции в предельно сокращенном виде — для начала с единственным факультетом, медицинским.

## Университеты там и тут

Российские университеты отличались от традиционных европейских, сложившихся в Средневековье. Там — стандартная структура из четырех факультетов: философского, медицинского, юридического и богословского. Математика, теоретическая физика, география и астрономия изучались на философском. Там же — филология, история и другие области гуманитарных знаний. Прочие естественные науки — экспериментальная физика, основы алхимии и начала химической технологии, минералогия, ботаника и зоология — считались вспомогательными медицинскими дисциплинами. Самым престижным был юридический факультет: молодые аристократы учились только здесь, лишь за редким исключением — на богословском.

В России же никогда не было богословских факультетов. Исключение — Виленский университет, доставшийся после разделов Польши. Этот питомник польского национального духа и католицизма перевели сперва в Киев, а затем в Варшаву и, основательно русифицировав, при этом ликвидировали богословский факультет.

Православные иерархи получали высшее богословское образование в духовных академиях Киева, Москвы, а позднее и Петербурга. Формально первый российский университет — при академии в Петербурге: его студентом числился и сам затем преподавал в нем М.В.Ломоносов, предварительно получивший гуманитарное образование в московской и киевской духовных академиях. Через год после смерти Ломоносова академический университет как-то тихо и незаметно прекратил существование. В Академии наук не нашлось второго энциклопедиста, способного организовать учебный процесс по всем научным направлениям.

Главным центром высшего образования стал единственный в России Московский университет. В Петербурге долго было лишь отраслевое прикладное образование — медицинское (в Хирургической академии), художественное и архитектурное (в Академии художеств), горное, педагогическое...

В начале XIX века основаны (на базе гимназий) университеты в Казани и Харькове. Немного позднее восстановили университет в Петербурге. Философские факультеты были фактически историко-филологическими. Второе название физико-математических факультетов — «естественные»: на них уживались вместе ботаника, зоология, химия, физика и



Памятник Н.И.Вавилову

математика, астрономия и география.

Медицинские факультеты были во всех университетах, кроме Петербурга. Кое-где имелись «аdjюнкты технологии», то есть инженерных наук, но инженеры в большинстве были военными (как, например, Германн в «Пиковой даме») или горными: статус последний был близок к военным, у них имелись даже специальные горные чины с особыми наименованиями. Численность гражданских инженеров начала расти только с середины XIX века.

В начале XX века в Саратове было уже несколько мужских и женских гимназий, государственных и частных, два реальных училища, коммерческое училище, два технических (будущие техникумы имени Гагарина и Яблочкова), фельдшерское, художественное при муниципальном Радищевском музее, музыкальные классы, сельскохозяйственные и учительские курсы и другие отраслевые среднеспециальные учебные заведения. Именно в предвоенное пятилетие 1908–1913 годов реализован ряд нововведений: электростанция (дизельная) и замена электрическим трамваем конки (после 21 года регулярного движения на нескольких линиях), основаны аэроклуб и два вуза — университет и консерватория, а в местном гарнизоне появилась радиотелеграфная станция... Перечень этот неполон. Россия была на подъеме.

## Настоящее время

Век спустя, в начале XXI века, наследие цивилизации приумножено. Около полутора десятков вузов, гражданских и во-



## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

енных, причем многие из них — «матрешки»: университеты и академии включают в себя по нескольку институтов, некоторые — в райцентрах и даже в соседних областных центрах (в Рязани и Астрахани). Отраслевые НИИ и ОКБ, несмотря на резкое сокращение числа сотрудников, все-таки сохраняются, после 1991 года появились новые (негосударственные). Непрерывны традиции местной медицины и культуры.

Тема отдельного рассказа — история высшего образования в Энгельсе, который до августа 1941 года был центром АССР НП (немцев Поволжья). В нем имелся самостоятельный педагогический институт и четыре филиала саратовских вузов — в них преподавали только на немецком языке. Предполагался сюда переезд нескольких видных ученых из Германии и Австрии (после аншлюса), вынужденно покидавших рейх. Но шокирующие известия о сталинских репрессиях изменили их планы: все они оказались за океаном, в США. Здание немецкого пединститута досталось осенью 1941 года военному училищу. После 1945 года в Энгельсе возник торгово-экономический кооперативный институт в системе потребительской операции — формально негосударственный вуз, редкость в СССР

Итак, глядя на всю эту многообразную жизнь, что можно сказать о причинах развития и становления системы высшего образования в Саратове? Первое, традиционное для России: нужна «лапа», протекция (вспомните 1909 год). Второе: нужно развитие промышленности и торговли, которые требуют кадров. Нужны средства, которые обеспечивают промышленность и торговлю, и люди, которые могут вкладывать эти средства и понимают, что без образованных кадров ничего не получится. И наконец, нужно — вспомните дискуссию между «шибко образованными» и «благонамеренными» — понимание того, что развитие страны невозможно без мыслящих людей, а чтобы они не были «крамолой» в глазах начальников, им нужно и самим быть мыслящими людьми.

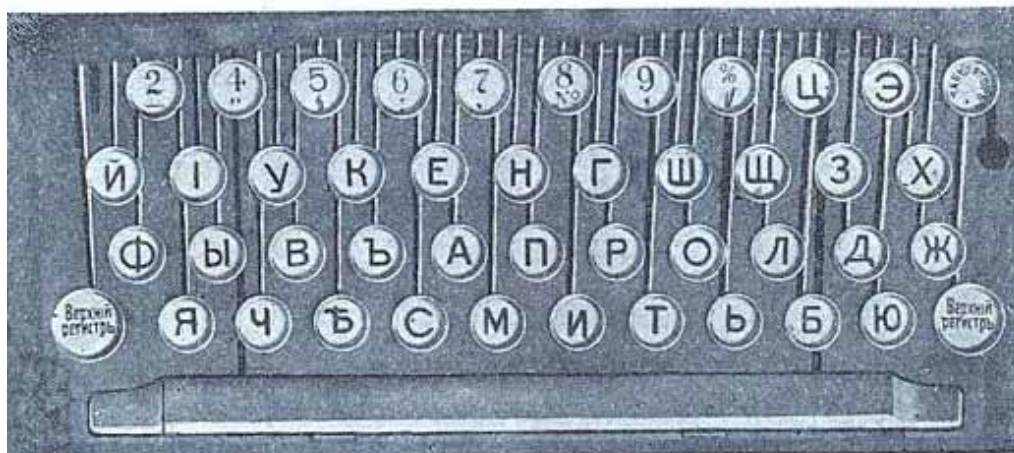


# ЙЦУКЕН и QWERTY

Те, кто платит за коммунальные услуги в отделениях Сбербанка (а таких пока большинство), возможно, обратили внимание, с какой непостижимой скоростью работник набирает на клавиатуре компьютера сумму платежа и реквизиты получателя. Делает он это в отдельном небольшом квадрате, где собраны все 10 цифр. Квадрат этот расположен справа, потому что около 90% населения — правши.

А теперь посмотрим, как расположены на клавиатуре буквы. Начнем с кириллицы (по первым буквам слева верхнего регистра эта раскладка получила название ЙЦУКЕН). Казалось бы, самые распространенные буквы русского алфавита разумнее поместить в правой части клавиатуры. А что на самом деле?

Сначала посмотрим, какова частота встречаемости букв в русском языке. Этот список зависит от того, что взять за основу. Например, в репортажах и консультациях много глаголов, в том числе в форме инфинитива, следовательно, непропорционально большое число букв «л» и «ь». Если обрабатывать физические и химические тексты, то необычно высокое место займет буква «э», хотя в русском языке она одна из самых редких и встречается в 33 раза реже самой частой буквы «о». В предметном указателе пятитомной Химической энциклопедии слова, начинающиеся на «о», занимают 31 колонку текста, а начинающиеся на «э» — 32. Это неудивительно, поскольку в химии (и физике тоже) огромное количество терминов начинается именно с этой буквы — все, что связано с «электро», «экстракцией», «эмульсиями», «этаном» и «этилом», «эфирами» и т. д. Поэтому возьмем частотность, составленную в 2008 году сотрудниками Института русского языка имени В.В.Виноградова РАН на основе Национального корпуса русского языка. Это портал [www.ruscorpora.ru](http://www.ruscorpora.ru), который содержит огромный массив русских текстов, написанных в последние 300 лет, разных жанров и разных авторов, и знаменитых, и неизвестных, включая книги и периодику. Огромное преимущество



Клавиатура «ундереуда»

Корпуса — его оцифрованность, позволяющая с помощью компьютера извлекать из текстов самую разнообразную информацию.

Вот как расположились буквы кириллицы в соответствии с их частотностью (приведена частота встречаемости, которая показывает, например, что буква «а» встречается в четыре раза чаще, чем буква «я»):

А теперь посмотрите на клавиатуру своего компьютера. Она почти не отличается от той, которую устанавливали еще в XIX веке на пишущих машинках, — это видно по рисунку машины Даугерти, приведенной в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона (фото вверху). Небольшие расхождения связаны с отличиями в русской азбуке тех времен, в которой были буквы «ять», «фита», «і» и, конечно, очень часто употреблявшийся твердый знак, он тогда занимал почетное место близко к центру второго ряда. Разделим условно три ряда клавиатуры на правую и левую половину; при этом в верхнем ряду в каждой половине окажутся по 6 букв, в среднем — по 5,5, в нижнем — по 4,5. Посчитаем теперь, сколько букв находятся в левой части из 17 наиболее часто встречающихся — от «о» до «ы»; при этом для «чистоты эксперимента» не будем учитывать «серединные» буквы нижних двух строк, «р» и «и». Нахождение букв слева показано в таблице буквой «л» в скобках. Оказывается, из 17 таких букв 11, или 65%, — две трети! Как будто клавиатура создана для левой. Более того, очень редкие

|              |              |           |
|--------------|--------------|-----------|
| о — 5,23     | м — 1,53 (л) | й — 0,58  |
| е — 4,04 (л) | д — 1,42     | х — 0,46  |
| а — 3,81 (л) | п — 1,33 (л) | ж — 0,45  |
| и — 3,51     | у — 1,25 (л) | ш — 0,34  |
| н — 3,19 (л) | я — 0,95 (л) | ю — 0,30  |
| т — 3,01     | ы — 0,90 (л) | ц — 0,23  |
| с — 2,61 (л) | ь — 0,83     | щ — 0,17  |
| р — 2,26     | г — 0,80     | э — 0,16  |
| в — 2,16 (л) | з — 0,78     | ф — 0,13  |
| л — 2,07     | б — 0,76     | ъ — 0,018 |
| к — 1,66 (л) | ч — 0,69     | ё — 0,006 |

буквы «ш» и «щ» находятся на самых удобных местах правой части! Если делить клавиатуру на зоны «по науке», как в самоучителях по машинописи «как на рисунке внизу», то под правую руку попадает 17 букв, а под левую — только 16. Но может быть, наиболее часто встречающиеся буквы собраны в центре клавиатуры, под указательными и средними пальцами обеих рук? Легко увидеть, что и такая закономерность не соблюдается: те же «ш» и «щ» вытесняют из центра куда более частую «з». Не правда ли, странно?

А как обстоит дело с латиницей (ее по первым буквам, стоящим на том же месте, называют QWERTY). Оказывается, и там самые часто употребляемые буквы находятся слева. Что же касается французской раскладки AZERTY, то, по словам изобретателя Владимира Щерблякина из Екатеринбургa (<http://justmedia.ru/news/society/2010/04/27/49524>), «в глаза бросается, можно сказать, вопиющая беспринципность: между самыми частотными буквами «е» и «а», которые странным образом тоже оказались на краю левой стороны клавиатуры, стоит редко встречающаяся «z». Изобретатель предлагает свою раскладку, помогающую заметно ускорить набор текстов. Правда, и существующая раскладка позволила чемпионке набирать текст со скоростью 767 знаков в минуту — почти 13 знаков в секунду! Набор же на латинице позволяет довести скорость печатания до 900 знаков в минуту и больше. (Ныне любой пользователь может сделать лично для себя любую раскладку, указав в соответствующей программе назначение каждой клавиши и наклеив на нее изображения букв, которые нетрудно купить.)

Очевидно, что при более удобной раскладке даже обычные пользователи, не владеющие слепым десяти-





*Современная компьютерная клавиатура. Градациями цвета обозначены частоты букв: от самой частой «о» до твердого знака и «ё»*

пальцевым методом или вообще печатающие двумя пальцами (как многие научные сотрудники), смогли бы существенно ускорить набор текстов. Почему же появилась такая «вопиющая беспринципность» в расположении букв на клавиатуре? Хочется крикнуть «Автор!», хотя он вряд ли откликнется, поскольку жил полтора века назад. Но во всем есть своя логика, хотя она может оказаться совершенно неожиданной для современного пользователя. Изложим ее словами автора одной из самых нашумевших книг конца 1990-х годов Джареда Даймонда «Ружья, микробы и сталь. Судьбы человеческих цивилизаций». Эта блестящая книга спустя десять лет была переведена и на русский язык (автор статьи обнаружил в ней всего одну ошибку: углерод-14 при распаде превращается не в углерод-12, а в азот-14).

Цитатой из книги Дж. Даймонда продолжим небольшой экскурс в клавиатурные раскладки. «При написании этой книги <...> я использовал клавиатуру с раскладкой QWERTY, названной так по первым шести буквам в ее верхнем ряду. Сколько бы невероятным это ни показалось сегодня, такое расположение знаков было разработано в 1873 году в результате настоящего подвига антиинженерной мысли. В нем применен целый ряд извращенных уловок, которые должны были заставить печатающих работать с минимально возможной скоростью, — например, самые распространенные буквы были разбросаны по всем рядам клавиатуры и сосредоточены на ее левой половине (чтобы правшам приходилось задействовать свою более слабую левую руку). Подоплекой всех этих явно контрпродуктивных ухищрений был тот факт, что в пишущих машинках 1873 года при быстром

наборе смежные клавиши часто залипали, и поэтому производителям пришлось придумывать, как сделать пальцы печатающих менее беглыми. Когда техническое усовершенствование пишущих машинок устранило эту проблему, испытания, проведенные в 1932 году с более эффективной раскладкой, показали, что она позволяет удвоить скорость набора и сократить мышечные усилия человека на 95%. Однако к тому времени раскладка QWERTY уже прочно вошла в обиход. Интересы сотен миллионов пользователей этой клавиатуры, преподавателей машинописи, людей, занятых в производстве и сбыте машинок и компьютеров, успешно отражают все инициативы по введению более эффективной раскладки на протяжении вот уже более 60 лет».

А в заключительной части своей книги Дж. Даймонд приводит такие подробности о судьбе клавиатурной раскладки QWERTY:

«Изначально она сумела взять верх над остальными раскладками-конкурентами по очень специфическим причинам: из-за особенностей устройства американских пишущих машинок в 60-е годы XIX в., из-за особенностей ведения кампании по сбыту этих машинок, из-за индивидуального решения некоей мисс Лэнгли из Цинциннати, основавшей в 1882 году «Институт стенографии и машинописи», и, наконец, из-за победы блестящего выпускника этого института Фрэнка Макгеррина, пользовавшегося раскладкой QWERTY, над еще одним выпускником того же института, Луисом Тобом, пользовавшимся другой раскладкой, на широко разрекламированном конкурсе машинописи в 1888 году. Американцы могли отдать предпочтение иному расположению клавиш на любом из многочисленных этапов истории пишущих машинок с 60-х по 80-е годы XIX века — никакие параметры американской среды обитания не склоняли их к выбору

QWERTY. Однако после определенного порога QWERTY укоренилась уже достаточно прочно, чтобы сохранить актуальность еще на сто лет и переключать на компьютерную клавиатуру. Не менее специфические причины, которые нам уже не воссоздать, могли в далеком прошлом подтолкнуть шумеров к выбору двенадцатеричной системы счета вместо десятиричной (благодаря чему мы имеем 60 минут в часе, 24 часа в сутках, 12 месяцев в году и 360 угловых градусов в обороте) или вместо двадцатеричной, которая была принята в доколумбовой Мезоамерике (и лежала в основе одного из двух параллельных календарей: цикла из 260 именованных дней и 365-дневного солнечного цикла).

Эти специфические детали устройства пишущих машинок, счета времени суток и календарных дней не повлияли на конкурентоспособность обществ, в которых они применялись. Однако легко вообразить, что могло быть иначе. Так, если бы раскладка QWERTY, придуманная в Соединенных Штатах, не получила применения в остальном мире — скажем, если бы Япония и Европа взяли на вооружение более эффективную раскладку Дворак, — мелкое решение XIX века могло бы иметь ощутимые последствия для конкурентоспособности американской техники в XX веке».

Закончим очерк о клавиатурах уместной цитатой из «Записных книжек» И. Ильфа:

«Застенчивый влюблен в машинистку и подает ей для перепечатки объяснение в любви. Взрыв клавиш. В секунду все напечатано. Только легкий дымок вьется над машинкой. Она даже не заметила, что это объяснение. Застенчивый глубоко оскорбился и всю жизнь ходил пришибленный». Нет сомнений, что печатала она слепым десятипальцевым методом.

**И.А.Леенсон**





КНИГИ

**Л.А.Грибов**

Элементы квантовой теории строения и свойств молекул  
М.: ИД Интеллект, 2010



**В** книге изложены общие положения квантовой теории строения, спектров и химических превращений молекул. Основное внимание уделяется не математической стороне теории, а вопросам, необходимым для понимания основных допущений, роли моделей и формализма дифференциальных уравнений. Автор обсуждает проблему точности расчетов при поиске молекулярных структур и невозможность их предсказания лишь на основе первых принципов квантовой механики. Специальный раздел посвящен анализу особенностей химической связи в молекулах. Кратко описаны нестационарные процессы — динамические спектры и химические реакции. В книге использован опыт преподавания студентам МФТИ, чтения курсов лекций на химфаке МГУ и в ряде европейских университетов.

**С.Г.Дмитриенко, В.В.Апери**  
Пенополиуретаны: Сорбционные свойства и применение в химическом анализе  
М.: URSS, 2010.



**В** монографии описано, как микрокомпоненты концентрируют на пенополиуретанах, а затем анализируют их спектроскопическими и другими методами. Книга обобщает результаты собственных исследований авторов и некоторые литературные данные. Приведены способы синтеза пенополиуретанов, их физико-химические и аналитические свойства — прежде всего способность сорбировать ионы элементов и их комплексные соединения, а также органические соединения. Даются примеры анализа различных объектов с использованием концентрирования на пенополиуретанах

**Д.Б.Березин**  
Макроциклический эффект и структурная химия порфиринов  
М.: URSS, 2010.



**А**нализируется структура и реакционная способность порфиринов с позиций концепции макроциклического эффекта. Предложены новые типы классификации этих соединений на основе различий в пространственной структуре и характере поляризации молекул. Книга содержит краткие данные по спектроскопии порфиринов, термо-, фото- и электрохимии, элементам квантовой химии, а также по кинетике и термодинамике их реакций. Библиография включает около 1000 ссылок на отечественные и зарубежные литературные источники

**М.Д.Беленький**  
Менделеев (серия ЖЗЛ)  
М.: Молодая гвардия, 2010



**Д**митрий Иванович Менделеев известен всем как автор Периодического закона. Между тем по широте научных и практических интересов его можно сравнить с титанами Возрождения. Кроме занятий химией, он писал книги по экономике и социологии, конструировал высокоточные приборы, разрабатывал таможенные тарифы, летал на воздушном шаре, исследовал спиритизм, возглавлял русскую метрологию, выступал экспертом на судебных процессах об отравлениях и подделке денег и называл себя «волонтером нефтяного дела». Неутомимый путешественник, он провел девять лет за границей. Его имя неразрывно связано с именами великих современников Н.Пирогова, Н.Зинина, А.Бутлерова, А.Бородин, И.Репина, А.Блока. Среди его любимых учеников были революционеры Н.Кибальчич и А.Ульянов. Ходят слухи, что он был отправлен правительством за границу, чтобы добыть секрет иностранного пороха. Был дважды женат, но изменял женам с «любовницей»-наукой. Книга рассказывает о непростых семейных отношениях Менделеева, о его истинной роли в изобретении русской водки и бездымного пороха и раскрывает суть конфликта с академией, в результате которого всемирно признанный ученый не получил на родине звания академика.

**Е.В.Берлин, Л.А.Сейдман**  
Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии  
М.: Техносфера, 2010



**П**одобное справочное руководство по основным вакуумным плазмохимическим процессам в тонкопленочной технологии, то есть реактивному магнетронному нанесению тонких пленок и ионно-плазменному травлению. Книга содержит подробное описание магнетронных напылительных и плазмохимических установок для травления тонких пленок, рассмотрены технологические особенности их использования. Описаны способы управления процессами реактивного нанесения тонких пленок и использования среднечастотных импульсных источников питания. Описана структура получаемых пленок и ее зависимость от параметров процесса нанесения. Книга рассчитана на специалистов, занимающихся исследованием, разработкой и изготовлением различных изделий электронной техники и нанотехнологии..

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)

При поддержке Российской академии наук, Правительства Москвы и  
Федерального агентства по информационным технологиям

Двадцать первая ежегодная выставка  
информационных и коммуникационных технологий

26 - 29  
ОКТАБРЯ  
2010

# SoftTool

 [www.softool.ru](http://www.softool.ru)  
регистрация специалистов



Третья ежегодная выставка

## ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

Национальный форум  
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО, ЭЛЕКТРОННОЕ  
ГОСУДАРСТВО, ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВИТЕЛЬСТВО



### ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ»

Технологии управления • Технологии безопасности • Свободное ПО • Документооборот • Технологии образования



Организатор  
(495)624-7072  
[www.softool.ru](http://www.softool.ru)



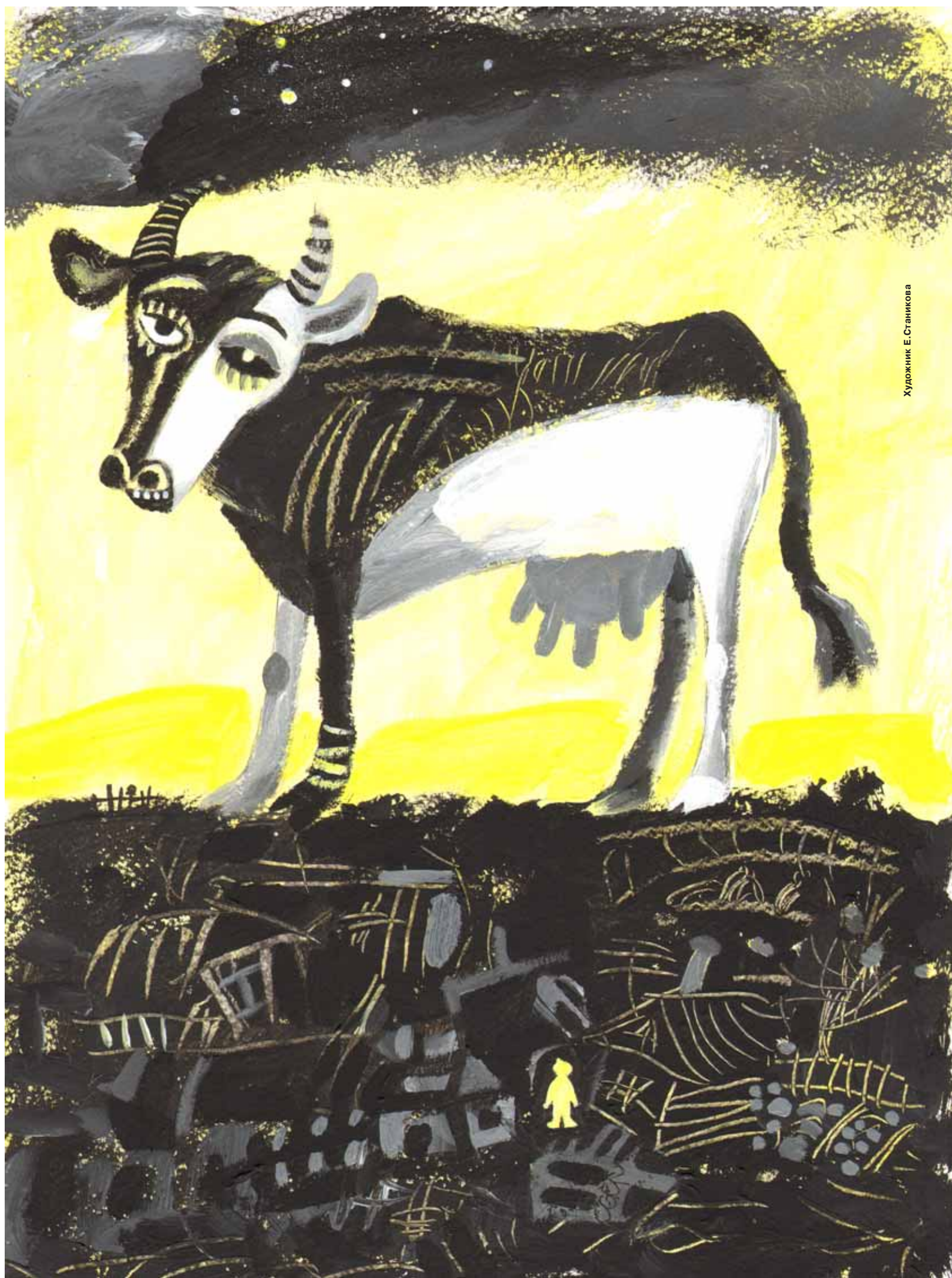
ОТКРЫТЫЕ  
СИСТЕМЫ

c.news

softline®

МОСКВА • ВВЦ • ПАВИЛЬОН 69





Художник Е. Станикова



# Свет крошечный

— Яко же придеше злыдени да в души седоше, падеше на мир великыя темь. Ибо темны злыдни суть, иже их темы. Иже лягаше темь на всея земли, да сокрываше всяку же тварь живущу: летящу, ползущу, тако же лающу, мычащу да говорящу. Иже пуцаше темы злыденей тему темь, дабы свыше не видаше, яко человецы грех творяше, ибо греховны человецы суть.

Блаженный Микеша кончил говорить и шумно высморкался в рукав. Слышно было, как он, вздыхая, жует беззубым ртом и его грязенькая жидкая бородавка шуршит по рубашке, а мамка наливает попрошайке топленого молока. Тишка чуток подвинулся на лавке — вознамерился горячую горбушку под шумок стянуть. Микешины байки он слышал не раз уже, сидя на печке у какого-нибудь приятеля. Придет Микеша, за стол сядет — и ну бухтеть про великую темь за грехи тяжкие. Смешно. Блаженный, он и есть блаженный — дурачок. Темь всегда была, это любой знает. И то славно: был бы свет, все и ослепли бы. И горбушку, поди, не стянешь — мать враз увидит и подзатыльник даст. Кому нужен он, свет этот?

Поднес Тишка пальцы к самому носу и вгляделся в чуть видное пятно ладошки. Потом отвел руку плавно — и пальцы растворились в черноте. А Тишке все равно видно. Не глазами, а чувством каким-то другим, непонятным. Чувствует он, как поворачивается мамка у печи, как Микеша макает нос в теплое молоко. К чему глаза? И так ладно.

Повел носом Тишка и ощутил явственно свежий духмяный хлебный аромат еще теплой корки с прижаренным капустным листом. Вот он, совсем рядом. Рука почуяла тепло и сама потянулась куда нужно.

— Я все слышу, окаанный! — грозно предупредил мамкин голос. — Вот анчутка! Поди лучше дров принеси.

Тишка соскользнул с лавки, привычно юркнул в сени. Свой дом он знает, как пять невидимых пальцев, да и двор тоже. Проскользнет меж лавок ужом, ничего не зацепит, ничего не свалит. Чують людей, скотину или печку горячую — это у него хорошо получается, только вот вещи всякие — никак...

Свалил Тишка дрова на приступку, а сам на печку шмыгнул. Хорошо, тепло. Дурачок Микеша все не уходил, цедил молоко из кружки да вздыхал:

— Ибо человецы суть. Во темь родяше, во темь уходяше...

Мамка тоже вздыхала следом. И чего вздыхать? Ну, родятся в темноте, и что? Где ж родиться еще, коли кругом темь? И уходят в нее же. А может, и не уходят. Может, их злыдни забирают. За ересь всякую. Или, может, они вовсе пропадают. В реку или там в болото. Во темь, поди, много чего такого есть. Сбился с тропы — и поминай как звали. Батяка Тишкин так и пропал прошлой весной. Пошел по дрова да и не вернулся. То ли заплутал, то ли злыдням в лапы попался. Был человек — и нету. А может, и злыдней-то никаких нету тоже. Кто их видел-то?

— Дидку, а почто людям глаза, коли ничего не видно? — спросил Тишка.

— Ты что пристал к юродивому? — крикнула мамка. — Вот я тебя оттуда ухватом!



Алексей Ерошин

ФАНТАСТИКА

— К чему мальчика ухватом? — забормотал Микеша. — Не надо ухватом. Больно будет.

— Любопытный шибко, — проворчала мамка, — греха с ним не оберешься.

— Ну, а все же? — не унимался Тишка. — Пускай скажет, коли знает. На кой глаза, коли ничего не видно?

— Глаза — дабы суть греховную зреть, которая темь есть, — прошамкал Микеша.

— А скотина почто во темь видит?

— Всякая тварь мычаща, лающа иже блеюща есть тварь безгрешна, поелику бездушна. Человек же есть тварь мысляща, мысли рекуща, творяща лже. Ибо мысль изреченная ложь есть.

Тишка выставил руку с лежанки, ловя ладошкой жар от огня. Рядом с этим жаром тепло мамкино и Микешино почти пропало.

— А вдруг она тоже не глазами видит, скотина-то?

— Что значит — тоже? — взбеленилась мамка. — Я вот тебе дам, злыдень окаанный!

— Шумно у вас, — проворчал блаженный, — пойду я.

Микеша, шаря по стене, прошаркал до двери и вышел. Залаяла дурачкова собака: заждалась. Хорошая у него собака, куда хочешь в два счета доведет. Микеше за нее две козы предлагали — не продал.

— Что ж ты, дурашка, творишь? — всхлинула мамка, едва собачий лай отдалился за ворота. — Беду накликать хочешь? Ну, как донесет он про твое «тоже»?

— Не боись. Кто ему поверит? Он же блаженный.

— Будут они разбираться. С дядькой Филимоном не шибко разбирались.

С Филимоном и в самом деле никто не разбирался — забили до смерти. Раз побили — отошел, а после второго разу не оклемался уже. А зачем было кричать, что все слепые, а он зрячий? Пропал год назад, а потом объявился и ну кричать. Кому такое понравится? Зрячих никто не любит. От лукавого это — во темь видеть. Только злыдни такое могут.

— Иди уж от греха, — вздохнула мамка, — да не болтай при других-то. Худо будет.

Соскользнул с печки Тишка, подобрал со стола уложенную котомку: хлеб, яйца и фляжка молока — весь нехитрый обед пастуший. Снял с гвоздя веревку, накинул на плечо. Чуток задержался на пороге. Неохота Тишке избу покидать — такое тут все уютное, привычное, теплое. Родное все. Мамка мягкой рукой напоследок волосы пригладила — даром что ругает, от любви ведь. Стой не стой, а идти надо: корова с голоду ревет уже, да и приятели заждались.

По росной траве прошлепал в стайку Тишка. Тут ему тоже каждая соломина знакома, на ощупь ходить не надо. Коровы холодным носом привычно в ладошку тычется — ищет соли. А соли-то сегодня Тишка и не взял. Позабыл с дурачком этим. К мягкой теплой шее коровьей прижался и зашептал на ухо, как бабка учила: «На острове Буяне, в реке Ириане, лежит белгорюч камень алатырь. Заклинаю камнем-алатырем, камней

царем: зол-злыдень, сгинь навсегда, без следа, как дым во тьме, как в песке вода. Чур-чур, приди помочь, гони злыдней прочь, в черную ночь, чтоб корову нашу не сбили с пути, а дали домой прийти. Слово мое не зря, крепче камня алатыря. Как я сказал, так и будет!»

Корова трясла ушами — не хотела слушать, хотела на выпас. Ничего, потерпит немного: с наговором оно надежней. Может, и не помогает, а так, бабкины сказки, только все одно спокойней. Привязал Тишка веревку к рогам, калитку открыл да пошел в поводу. Корова сама знает, куда идти, только ногами пошевеливай.

Хорошо поутру на выпас идти. Это поначалу из хаты выходить не хочется, потом к прохладе приобвыкнешься — и хорошо. От лопухов росных свежестью веет, на ветвях птицы щебечут. Корова рядом шагает — горячая, мягкая. Озябнешь, прислонишься на минутку — и хорошо. Слышно уже, как на деревенской площадке мальчишки галдят, собираясь. Коровы мычат, овцы блеют. Осталось последний сарай миновать, и вот она, площадь.

Идет Тишка, не думает ни о чем таком, и вдруг тяжелая рука за плечо. Цоп! Пальцы твердые, как железные, и холодный песий нос в колено уперся. Да это Микеша!

— Ай! Дидку, пусти, больно!

От неожиданности Тишка веревку из рук выронил. Веревка по траве шуршит: корова-то дальше топает. Прошла чуть и остановилась. Ну, хоть не трудно сыскать будет. А Микеша Тишкино плечо отпустил и дружески так прилепнул по мальчишеской худой спине.

— Ступай. Подумал я, ты и впрямь что видишь. А ты — как все.

Приблизил блаженный лицо свое к Тишке вплотную. Пахнуло тряпьем старым, сеном и потом. И даже вроде глаза во тьме видать, и словно свет от них даже. Или показалось все Тишке со страху? И нос крючком этот, и бороденка нечистая, растрепанная.

— Нет, — повторил Микеша, — не видишь ты дальше носа. Во тьме родяше, во тьме уходяше. Лже рцы, человецы-червецы... А я-то подумал! Ходишь больно ловко, как зрячий.

— Я, дидку, сердцем вижу! — вдруг шепотом выпалил Тишка. — И тепло всякое чую. Это не грех?

— То не грех, — ответил блаженный, — темь есть грех. Ступай за коровой своей, она тебя выведет, куда надобно.

Сказал так юродивый да веревку в руку Тишке обратно вложил. Корова потянула, и зашагал Тишка дальше по дороге, а старик пропал во тьме, как не было. Тут и на площадь они вышли. А стадо уж на выгон тронулось, еле догнали. Жутковато как-то Тишке от встречи такой. Обхватил он за шею корову свою, к теплему боку приник. Всё не так страшно. Ну, вскоре и на выгон пришли.

На выгоне хорошо! Коровы никуда не денутся: вокруг луга жерданая городьба устроена. Трава уж подсохла. Можно с приятелями поваляться, клубнику поискать. Клубнику искать легко: пахнет она здорово. Горстью листву прочешешь — и вот тебе угощение. А рядом кузнечики стрекочут, и приятели тож языками стрекочут, словно кузнечики. За разговорами день быстро проходит. Вот скоро и обратно собираться пора. Ищет Тишка свою корову, а коровы-то и нет. Что ж теперь делать-то? Руки выставил, в стаде шарит, ищет кормилицу. Ан все одно нет ее нигде. Раньше-то мигом находил, а теперь никак. Тепло чужое повсюду.

Делать нечего — пошел Тишка вперед от стада. Если отойти подальше — почутья вроде как легче должно. И правда, маячит вдалеке. Еле-еле слышно. Двинулся Тишка на тепло, пока в жердь не уперся. А жердь-то поломана, прогнила. «Чур-чур, приди помочь, гони злыдней прочь, в черную ночь, чтоб корову нашу не сбили с пути, а дали домой прийти», — забормотал

Тишка. Да только не хочет возвращаться корова — стоит себе, дышит, ногами переступает. И недалеко вроде. А за изгородь страшно идти. Может, и ничего, если недалеко? Вернуться-то Тишка сумеет, поди? А без коровы как? Нельзя без коровы.

Привязался Тишка веревкой к жерди, выставил руки да и шагнул за ограду. Пройдет немного, повернется — вроде недалеко ушел. Слышно, как мальчишки кричат, стадо мычит и блеет. Но и корова своя ближе не становится, ровно дальше отходит. Вот и веревка кончилась. И корова совсем рядом дышит. Веревку оставить боязно, да потерять кормилицу еще страшнее.

Бросил веревку Тишка. Идет за коровой, а та от него. И вроде рядом совсем, и не взять никак. Не иначе, Микеша сглазил, злыдень старый. «Приведет куда надобно!» А Тишке туда и не надобно вовсе. Уже и стада не слышно стало. А тут под ногами вовсе захлюпало. Кусты кругом колючие — шиповник. Присел Тишка и завыл тихонько со страху. Тут корова и остановилась. Постояла, подумала, да и назад пошла. Видать, жалко мальчонку стало.

Подошла, губами у лица шлепает, слезы соленые со щек слизывает. А губы мягкие, добрые, только не коровьи вовсе. Пошарил руками Тишка, на недоуздок наткнулся. Эва, голова-то лошадиная! Как же он так обмишулиться мог? Зазря заблуждал, выходит. А теперь что же — пропадать? Дороги назад не найдешь... В недоуздок вцепился, пальцы разжать боится. Ну как уйдет лошадь, что тогда? А так, поди, куда-нибудь да выведет.

Утер щеки рукавом Тишка, всхлипывать перестал. Поднялся, ухватился за гриву на холке да на широкую конскую спину влез. Влез, улегся и за шею обхватил. Пропадать, так не в одиночку. Неси хоть куда-нибудь.

Повернулась лошадь и пошла. Тишка лежит, руки разжать боится — вдруг свалится? Под копытами то болото хлюпает, а то тропа будто. По лицу да по спине ветки шлепают, секут вроде за дурость малолетнюю. Плачет беззвучно Тишка, слезы о гриву вытирает — страшно же. Дома-то все привычно, понятно было, все знакомо. Мир такой маленький да уютный. А тут — эва: огромный, страшный, неизвестный. Идет лошадь, уносит Тишку. А куда? Кто знает? Приостановится, траву пощиплет и снова идет. И конца и краю этому пути не видно.

Спина у лошади широкая, что лавка, только мягкая, живая. И тепло, не замерзнешь. И покачивает, как в зыбке. Песни мамкиной только не хватает. Вместо песни — чу, вода журчит. Речка. Лошадь копытами цок-цок по настилу деревянному. Никак, мост. Ну как сронит? Да нет, ничего вроде — ровно идет, дорога привычная. Руку вытянул Тишка, перила нащупал. Так и есть — мост.

Растопырил Тишка ладошку. От воды тепло идет. Не как от огня, а как от молока парного. И в тепле том будто бы свои пальцы видно. Не у носа самого, а насколько руки вытянуть хватает. Поднял Тишка голову. Чудное дело: чернота посерела будто. Сверху светлее как бы, а ниже черные пятна дров шевелятся. Жуть.

А лошадь все идет, мост перешла и словно бы в гору подымается. А на горе той столп словно. Да яркий такой, аж глаза режет. И лошадь к тому столпу поворачивает.

Струхнул Тишка, голову опустил, лицо в гриву конскую спрятал и глаза закрыл: ну как ослепнешь вовсе от яркости этой? А столп все ближе да все ярче. Уже и сквозь веки видно его, не спрячешься. Пришлось Тишке рукой глаза прикрыть.

Подошла лошадь близко-близко к столпу и стала. Вроде как идти дальше не собирается. Не знает Тишка, что делать: глаза открывать страшно, да и не открывать страшно. Не будешь так век лежать. И тут корова Тишкина вдруг замычала! По голосу-то узнал он ее сразу и от неожиданности руку от глаз отнял. И ничего не увидел. Вблизи столпа тьма еще черней.



Соскользнул Тишка с коня и на голос коровий пошел. Вот она, совсем рядом. Нашарил, обхватил голову рогатую, знакомый запах вдохнул. Ну теперь-то не пропадет, поди. Корова к дому выведет. Вот и обрывок веревки на рогах есть.

Распутал Тишка веревку с куста, корова и пошла. Неспешно так. Рад мальчонка, успокоился. Нашлась. Родная, теплая. Привычная. Огромная такая корова. Теперь и домой можно. Дома-то хорошо: знакомо все, ладно, гладко, уютно. Мамка, поди, вся извелась уже. Хлебы выпекла, на столе остужает. Запах по всему дому. Так и пил бы запах этот...

Шлепает Тишка по тропе за коровой, а столп назади светит. Пройдет немного Тишка и оглянется. Шаг сделает, и тянет его снова посмотреть. Ведь уйдешь — и снова темь вечная, глядеть не на что. А любопытно — страсть! Как страх пропал, так сразу любопытно стало. Аж свербит в носу от интереса.

Остановился Тишка. Корова домой тянет, а столп — к себе. И чем дальше отходишь, тем тянет сильнее. Хоть разорвись надвое. Уйдешь — век жалеть будешь. Ну и поворотил назад. Корова неохотно идет, упирается, словно пускать не хочет. А столп — вот он уже, рукой подать. Слово бы из-под земли растет, как дерево. Ан и не из-под земли вовсе — из камня. На камне знаки какие-то вырезаны, и горят они так, что глазам больно. И не жгутся, потрогать зовут. Не огонь, а горит. Чудно.

Тут корова Тишкина совсем уперлась, чуток дотянуться до камня не дает. Рванул Тишка, веревка и порвалась. А ладошкой он прям в горящие знаки попал. Как полыхнуло у него в глазах-то! Ровно лбом о притолоку приложился. Заорал Тишка матом благим со страху, да и дух из него вон.

Сколько пролежал он подле камня без памяти, никому не ведомо. А только как очнулся да голову поднял, так по глазам и резануло: светло все! И все ему видно. Глядит — а ни столпа, ни камня нету, как не бывало. Трава-мурава под ногами, деревья кудрявыми головами качают. А вверху и вовсе цвета такого, что слезы на глаза наворачиваются. Дюже свет ярок. Только над ним — круглое, горячее, еще ярче. Уж такое яркое,



## ФАНТАСТИКА

что и смотреть больно. Вот где свет самый. Куда там столпу давешнему!

Проморгался Тишка, глядит. Поодаль животина стоит, шкура пятнами: половина, как темь, черная, половина светлая. Голова у животного рогатая, к рогам веревка привязана, глаза глядят грустно. «Корова, — догадался Тишка, — на свету-то маленькая да неказистая какая! Грязна, колченога, в репьях вся».

Поднялся Тишка да и пошел по тропке, а корова за ним. С горушки спустился, вот и деревню видно. Мальчишки по выгону бродят, коров собирают. Мужики по заборам руками шарят — к избам своим ковыляют. Бабы да старухи по завалинкам в рукоделия уткнулись, тоже вокруг не видят ничего. Чудно и страшно.

Идет по улице Тишка, удивляется: до чего грязно все, лопухами да крапивой заросше. Избенки кривобокие слепыми окошками в пыль уставились. А которая изба своя, разбери теперь! Кабы корова в калитку не уперлась, ни за что не узнал бы. Домишко махонький, темный, затхлый. Рухлядь. И мамка на крыльце — домишке под стать: ветошь какую-то нацепила, сгорбилась. А у забора Микеша стоит и пристально так смотрит. А на что тут смотреть, коли нелепо, сиро да жалко все?

Сел Тишка у крыльца прямо на землю, глаза закрыл, да и заплакал: пропади он, свет этот кромешный, пропадом!

skOmm.ru  
СНЕЖНЫЙ КОМ

Хорошие тексты  
в достойном  
оформлении

Узнавайте первыми  
о новых книгах издательства!

Сообщество в Живом Журнале

snezhnycom

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

новости, опросы, отзывы



Новый нереальный роман  
от лонглиста «Русского Букера»  
Андрея Хуснутдинова  
«Гугенот»



Максим Хорсун. Его называют молодым  
Ван Вогтом — ничего удивительного!  
Фантастический роман  
«Рождение Юпитера» вполне  
соответствует такому сравнению.



# Лук

**Репчатый лук и другие.** Лук, к которому мы привыкли, называется репчатым. У него большая луковица (видоизмененный побег) и длинные трубчатые листья. Однако видов съедобного лука много. Из Северной Америки к нам пришел многоярусный лук, названный так потому, что в его соцветиях, расположенных в два-три яруса, вместо цветков образуются воздушные луковички. Есть более теплолюбивый, чем репчатый, лук-шалот, скороспелый и ветвистый; раскидистый лук-порей; раннеспелый лук-батун; морозостойкий шнитт-лук, который возделывают до самого Крайнего Севера. Луковицы у шнитт-лука мелкие, зато зелень можно собирать несколько раз в сезон. Едят люди и дикорастущие виды лука: алтайский, душистый, слизун. По качеству они практически не уступают культурным сортам. Разные виды отличаются формой и размером листьев и луковиц, однако все имеют более или менее острый вкус и служат «подручным» источником витаминов. Зеленую часть, как правило, едят свежей, реже сушат, а луковицы закладывают на хранение.

**Красный, желтый, белый.** Самый распространенный лук в России — все-таки репчатый. В зависимости от цвета луковиц различают белый, желтый и красный лук. Желтые сорта, а их большинство, окрашены кверцетином, красные и сине-фиолетовые — антоцианом, а белые лишены пигмента.

Белый лук не такой острый, как желтый, и самый скоропортящийся, а среди красных встречаются такие сладкие, что луковицы можно есть сырыми. До 80% съедобного лука приходится на желтые сорта.

**Какие вещества содержит лук.** Луковица содержит 4,5—14% сахаров (фруктозы, сахарозы и мальтозы), витамины С, В и РР, каротин (провитамин А), флавоноиды, ферменты, сапонины, минеральные соли калия, фосфора и железа, иод, яблочную и лимонную кислоты, гликозиды и 1,5—2% белка — источника незаменимых аминокислот: валина, лейцина, лизина, метионина, треонина и триптофана. В зеленых листьях сахаров почти нет, зато много аскорбинки. Суточную потребность в этом витамине могут утолить 50—100 г зеленого лука, мало кто согласится сжевать столько — все-таки горьковато, а собеседники неадекватно реагируют на запах.

**Сладкое и горькое.** В луковице сахаров столько же, сколько в арбузе, однако сладость их несравнима. Вкус лука определяет не количество сахара, а эфирные масла, богатые серосодержащими соединениями (моно-, ди-, три- и тетрасульфидами). Разные сорта лука отличаются остротой и соответственно содержанием эфирных масел: в полуострых сортах их в шесть-семь раз меньше, а есть сладкие сорта, в которых эфирного масла почти нет.

Так сложилось исторически, что острые сорта выращивают преимущественно в средней полосе европейской части бывшего СССР, а полуострые и сладкие — на юге. Поэтому на юге лука едят значительно больше, чем на севере, причем в свежем виде. А острые сорта лучше отваривать или пассеровать, то есть медленно прогревать в масле, чтобы затем положить в супы, соусы и начинки для пирогов. При пассеровке сахар, который содержится в луке, карамелизуется, и кусочки приобретают золотистый цвет.

**Откуда взялось название.** Английское название лука onion произошло от римского unio, или unioem (от unus — «один»): головка лука представляет собой единое целое, в отличие от многозубковой головки чеснока. А русское «лук» происходит от германского «louh» — завиток. Возможно, лук так назвали за крутые бока луковки. А может быть, название возникло давно, когда лук был еще диким и его листья загибались к земле. Кстати, от того же корня произошло и слово «лукавый», то есть идущий к цели кривыми путями.

**Чем полезен лук.** Человечество употребляет лук не менее четырех тысяч лет. Луковицы, видимо сладкие, были частью повседневного рациона жителей Древнего Египта, Греции, Рима. И все это время люди знали о том, что лук обладает множеством ценнейших качеств. Богатый витаминами и фитонцидами, он укрепляет здоровье и подавляет развитие вредных микроорганизмов. Его использовали для дезинфекции ран и плохой воды, привязывали на шею скоту во время падежа, а при эпидемиях вешали связки лука в домах. Даже сейчас, при обилии лекарств, народная медицина при кашле, простудах и ангинах рекомендует луковый сироп — смесь лукового сока с медом. Особенно богаты фитонцидами фиолетовые и красные сорта лука.

Репчатый лук — обезболивающее средство. Половинкой луковицы советуют натереть место пчелиного укуса. Если действовать быстро, оно даже не опухнет. А луковый компресс снимает боль при воспалении ушей.







Кверцетин и витамин Р укрепляют кровеносные сосуды и делают их более эластичными, луковый сок предупреждает развитие атеросклероза сосудов. Луковая горечь стимулирует работу пищеварительных желез и, следовательно, способствует снижению веса. Луковый сок — мочегонное средство.

Не забыли его и косметологи. Луковым соком осветляют пигментные пятна на коже, а кашицу из лука втирают в волосы для укрепления корней и борьбы с перхотью.

Трудно выделить вещества, ответственные за те или иные полезные качества лука. Целебными свойствами обладают эфирные масла, которые содержат около 480 соединений. Эти масла даже судороги снимают и убивают патогенных амеб. (Амебы вызывают много неприятных заболеваний, в том числе дизентерию.)

Будьте осторожны: лук и луковый сок противопоказаны при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, острых заболеваниях кишечника, печени, желчного пузыря и почек. Кроме того, луковый сок может вызвать микроожог слизистой оболочки.

**О слезах и запахе.** Каждый, кто когда-либо резал лук, сталкивается с двумя проблемами: слезоточивостью и сильным запахом. Слезы у нас исторгают пропионовый альдегид и некоторые летучие серосодержащие вещества. Когда эти вещества попадают на влажную склеру, образуется серная кислота, которая раздражает глаз. Вообще, лук чрезвычайно богат различными сульфидами, дисульфидами и трисульфидами, которым и обязан своим резким и острым запахом.

Чтобы не плакать, разрезая луковицу, знатоки советуют предварительно охладить ее в холодильнике, периодически окунать ее и нож в холодную воду, надевать маску для подводного плавания. Если эти средства не помогают, ничего страшного — луковицу вы в конце концов порежете, и слезы высохнут. Другое дело — запах. Он сохраняется долго и беспокоит многих, осложняя жизнь любителям лука.

Специалисты лукоядения утверждают, что от запаха лука изо рта избавиться легко: его надо либо смыть, либо перебить. Запах остается на языке и нёбе, поэтому их полезно энергично почистить зубной щеткой с пастой. А отбивают луковый аромат, пожевав петрушку, лимонную цедру, грецкие или миндальные орехи. Кстати, «ореховый» способ практиковали еще древние римляне, которые очень уважали лук.

Можно принять и профилактические меры: зеленый лук резать помельче, репчатый обдать кипятком. Краткое ошпаривание смягчит запах, а все полезные вещества останутся в луке.

Чтобы отбить запах, руки, нож и разделочную доску ополаскивают холодной водой или протирают лимонным соком с солью.

Есть советы и для тех, кто делает луковую маску для волос: ее смывают теплой водой, опрыскивают волосы разведенным в два раза яблочным уксусом и через три минуты моют голову шампунем. Некоторые пользователи советуют добавлять в маску для волос эфирное масло розмарина, лимонный сок или размятый банан.

**Лук-порей.** Те, кто читал «Приключения Чиполлино», помнят, наверное, Лука Порей, у которого были настолько длинные усы, что жена развешивала на них белье для просушки. Листья у порея действительно длинные, от 40 до 60 см, однако на прилавки он попадает «обритым». Мы покупаем его ложные стебли — основания листьев, плотно охватывающие друг друга. Витамины накапливаются не в маленьких луковках порея, а в его стеблях, их и закладывают на хранение в ящики с песком, а также маринуют, сушат, замораживают и солят.

Лук-порей активизирует обмен веществ, повышает аппетит, улучшает деятельность печени и нормализует пищеварение. Его рекомендуют людям с избыточным весом, но, увы, в России этот овощ только набирает популярность.

Порей бывает зимний и летний. У зимнего лука более грубый стебель, поэтому его обычно отваривают или тушат, а летний порей можно есть и сырым в салате, благо резкий луковый запах и вкус у него отсутствуют. А если разрезать стебель вдоль, получатся небольшие листочки, в которые можно заворачивать фарш.

Н. Ручкина





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Без связи

В фильмах про шпионов часто показывают такую сцену: связанной не пришел на явку и резидент, внезапно ощутив себя в полном одиночестве, готовится выжить во враждебном окружении. Оказывается, то же самое происходит с современным молодым человеком, если лишить его доступа к электронным средствам связи. Такой вывод следует из эксперимента, проведенного учеными Мэрилендского университета во главе с профессором журналистики Сюзанной Мёллер (агентство «NewsWise», 21 апреля 2010 года). В нем участвовало 200 студентов, которые в течение суток не включали компьютеры, телефоны, MP3-плееры и телевизоры. А по истечении этих суток каждый участник эксперимента написал отчет о своих ощущениях. В сумме получился текст в 110 тысяч слов — по объему хватило бы на увесистый роман, да и по накалу страстей он не уступал иному литературному произведению. «Хотя в институте меня окружают тысячи людей, невозможность электронного общения с ними сделала существование невыносимым» — таков лейтмотив этого горестного повествования. Дело в том, что 18–20-летние студенты очень активно обмениваются разного рода электронными сообщениями, зачастую предпочитая этот вид связи личным контактам. Потому-то лишение доступа к телефонам и компьютерам и создало в их головах иллюзию полного выпадения из социальной структуры.

Исследование выявило и неожиданную для журналистов новость. Оказывается, их труд по поиску интересных материалов, подготовке высокохудожественных текстов и любовному размещению оных на бумаге или в Интернете по большей части пропадает впустую. Молодые американцы (самая перспективная рекламная аудитория, между прочим) чрезвычайно редко обращаются и к центральным, и к местным средствам массовой информации. Однако они демонстрируют неплохое знание о событиях окружающего мира. Откуда оно берется? Из случайных источников — сообщений в блогах, посланий приятелей, телефонных разговоров и даже случайно подслушанных реплик. В общем, из радиосистемы ОБС (одна бабка сказала). В результате возникает интересный эффект: те новости, что пользуются популярностью, становятся все более популярными, потому что о них говорят. А остальные выпадают из поля зрения.

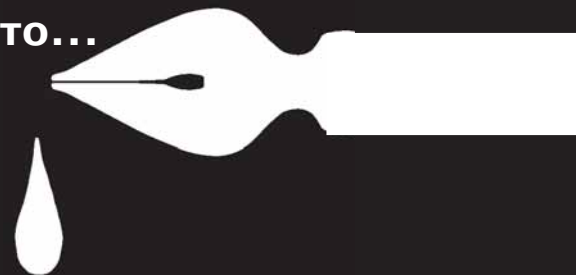
Оказавшись отрезанным от ОБС, участники эксперимента обнаружили, что они ничего больше не знают о событиях в мире и никак не могут утолить возникшую из-за отсутствия связи жажду знаний. Это добавило горьких мыслей во время вынужденного суточного радиомолчания, а некоторые не смогли его выдержать и включали-таки ноутбуки, чтобы заглянуть в какой-нибудь неформальный блог в поисках интересенького. Вот так и выяснилось, до чего прочно современные средства связи вошли в нашу жизнь.

А.Мотыляев



Художник С. Дергачев

## Пишут, что...



...строительство коллайдера NICA — Nuclotron-based Ion Collider Facility в Дубне планируют завершить к 2015 году («Вестник РАН», 2010, т.80, № 4, с.298—302)...

...эволюция Земли и Луны происходила по одному сценарию, хотя и сильно укороченному в случае Луны («Геотектоника», 2010, № 2, с.3—22)...

...на Международную космическую станцию будет доставлена щепка от яблони, по преданию, вдохновившей Ньютона на открытие закона всемирного тяготения («New Scientist», 2010, № 2760, с. 4)...

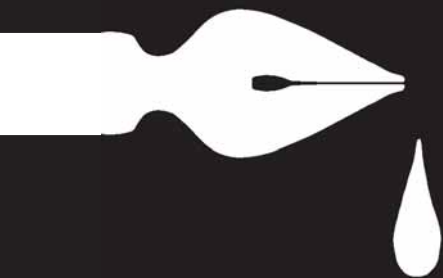
...в американской национальной программе по исследованию Мирового океана природоохранные направления развиты сильнее, чем в аналогичной российской программе («Известия РАН. Серия географическая», 2010, № 2, с.7—16)...

...почти все факельные установки на промышленных предприятиях России не сжигают от 10 до 90—98% газов и тем самым не выполняют своих природоохранных функций («Экологический вестник России», 2010, № 5, с.16—19)...

...на границе Таиланда и Камбоджи появился малярийный плазмодий, устойчивый к производным артемизина, которые до сих пор считались наиболее мощными лекарствами от малярии («Science», 2010, т. 328, № 5980, с.844—846)...

...разработаны биоматериалы на основе искусственного белка, имитирующие механические свойства мышечной ткани (Nature, 2010, т. 465, № 7294, с.69—73) ...

...лазерное излучение с длиной волны 5,75 мкм удаляет атеросклеротические бляшки, не повреждая нормальные ткани («Оптический журнал», 2010, т.77, № 1, с.9—23)...



...специалисты по геномике собираются проверить гипотезу о том, что эволюция культуры заметно влияла на генетическую эволюцию человека («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2010, т. 107, приложение 2, с. 8985—8992)...

...созданы генетические конструкции, которые проникают в эмбрионы мыши через плаценту после того, как их вводят в вену мышиматери («Онтогенез», 2010, № 2, с. 94—100)...

...послевоенная популяция кошек Санкт-Петербурга восстановилась из небольшого числа особей английского происхождения («Доклады Академии наук», 2010, т. 431, № 6, с. 827—830)...

...средняя глубина Мирового океана — 3682,2 м («Oceanography», 2010, т. 23, № 2, с. 112)...

...у 47% детей в возрасте пяти-шести лет недостаточно развиты функции организма, необходимые для взаимодействия с компьютером («Физиология человека», 2010, т. 36, № 2, с. 67—71)...

...особенности кожного узора на носах у коров индивидуальны и передаются по наследству («Сельскохозяйственная биология», 2010, № 2, с. 59—64)...

...в современном российском законодательстве нет понятий «торговая марка», «товарный знак», «бренд» («Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права», 2010, № 5, с. 50)...

...второклассник из Ангарска изобрел простое устройство, которое позволяет одному троллейбусу обогнать другой, идущий по той же контактной линии («Изобретатель и рационализатор», 2010, № 4, с. 15)...

Художник Н. Колпакова



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Эффект толпы в эксперименте

«Когда мы увеличили группу экспериментальных животных до десяти, эффект почему-то пропал» — это фраза не из анекдота, а из доклада, прозвучавшего на одной студенческой конференции. Похоже, непонимание важности больших выборок — удел не только начинающих исследователей. Вот, например, эффект Моцарта.

В 1993 году Френсис Раухер, Гордон Шоу и Катерина Ки из Калифорнийского университета в Ирвине опубликовали в журнале «Нейчур» небольшое письмо, в котором сообщили, что подопытные студенты лучше выполняли задание по ориентированию, если они не позднее чем за 15 минут до того прослушали сонату Моцарта. Преимущество было небольшим, около 8%, но газетчики клюнули на сообщение и разнесли его по свету под названием «эффект Моцарта». Основная мысль была такова: если ребенок будет каждый день слушать Моцарта или другую классическую музыку, то он вырастет умный-преумный. Эти публикации имели шумный эффект и серьезные последствия. Во многих школах стали включать классическую музыку для лучшего усвоения детьми материала и выполнения контрольных работ, губернатор штата Джорджия распорядился подарить каждому ребенку по диску с записями классики, а на некоторых фермах Моцартом услаждали слух коров, которые, обрадованные таким вниманием, стали давать больше молока.

Научное же сообщество отнеслось к сообщению скептически и стало проверять выводы. Результаты получались столь разными, что возникла потребность в непредвзятом, то есть статистическом, анализе деятельности многих научных групп. Самое свежее сравнение выполнили психологи из Венского университета во главе с доктором Якобом Пьечнигом. Его итоги опубликованы в журнале «Intelligence», 2010, т. 38, № 3.

Анализируя базы данных научных публикаций, они нашли 226 работ по эффекту Моцарта. Большинство пришлось отбраковать ввиду недостаточного объема данных для анализа, и осталось 39 работ с результатами 104 исследований. Как оказалось, музыка, причем любая, действительно оказывает влияние на IQ, но очень малое. Для психологов тут нет ничего удивительного — звуки активируют кору мозга, а это способствует ориентированию, вот студенты под музыку и выполняли лучше задания такого рода, например по поиску выхода из лабиринта, нарисованного на листе бумаги. Однако в качестве побочного результата было обнаружено такое обстоятельство: в работах Раухера и его друзей эффект Моцарта проявляется с трехкратной силой по сравнению с работами других научных групп. Более того, если их работы исключить из рассмотрения, то в среднем влияние музыки на IQ вообще сведется к нулю. Это уже не первый подобный упрек в адрес группы Раухера, поэтому у него готов ответ: чтобы воспроизвести эффект, нужно повторять наши эксперименты в точности. Точность при тестировании, конечно, дело хорошее, однако если эффект настолько чувствителен к процедуре, так ли он значим? Может быть, на самом деле эффект Моцарта возник в результате упомянутого в начале заметки эффекта малой выборки, помноженного на эффект толпы?

С.Анофелес





Н.Д.МЕДВЕДЕВУ, Светлогорск: *Силикагель (от англ. silica gel) — аморфный диоксид кремния, гранулированный или кусковой, хорошо известен как поглотитель влаги, а fused silica, кремнеземный порошок — диоксид кремния мелкодисперсный, с наноразмерными частицами, применяется как загуститель и мягкий абразив.*

А.Н.ЖИНКИНУ, Екатеринбург: *Лабарракова вода (смесь гипохлорита натрия NaClO и хлорида натрия NaCl, получается пропусканием хлора через раствор соды или NaOH) — не то же самое, что жавелевая вода (раствор солей калия хлорноватистой и соляной кислот), но поскольку лабарракова вода, как и жавелевая до нее, использовалась для отбеливания, она переняла ее название.*

М.С.ЕРЕМЕНКО, Ульяновск: *В состав духов «Свежее сено», популярных в начале XX века, помимо различных эфирных масел входил кумарин — ароматический лактон, содержащийся во многих растениях и получаемый путем органического синтеза.*

Николаю СЕМЕНОВУ, Москва: *Бекас Gallinago gallinago пока вымирать не собирается и даже не под угрозой, так что мрачный прогноз фантаста Геннадия Прашкевича не сбывается.*

А.А.КАРЕЛЬСКОМУ, Санкт-Петербург: *Насколько нам известно, среди пород собак полностью прочитан пока только геном боксера и (с меньшей точностью) пуделя, другие породы еще ждут своей очереди.*

М.А., Мытищи: *Раз уж не получается дождаться созревания, из незрелой черешни можно приготовить, например, цукаты.*

Н.Ф.ХУДЯКОВУ, Архангельск: *Чтобы приготовить вино из одуванчиков «как у Бредбери», пропустите цветы через соковыжималку, добавьте четыре столовые ложки сахара на литр сока, перелейте в бутылку и оставьте бродить с водяным затвором или резиновой перчаткой на горлышке; когда брожение прекратится, вино осторожно слейте, чтобы не взбалмутить осадок, и разлейте по бутылкам; для длительного хранения лучше добавить 100 граммов водки на литр; вино должно быть ярко-желтым и не горьким.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Просим прощения за ошибку в № 3, с. 6: у фага ФХ 174 геном однонитевой, поэтому его длина измеряется не в парах нуклеотидов (п.н.), а просто в нуклеотидах.*

«К» апля чернил способна пробудить мысль миллионов людей», — сказал кто-то из великих. Не только мысль, но и чувства, добавил русский поэт: «Февраль, достать чернил и плакать...»

Человечество, жаждущее донести до потомков сведения о себе, увековечить указы царственных особ, важные исторические события и священные тексты, упорно искало способы сохранения информации. Буквы выдавливали острыми палочками на сырых глиняных пластинах, выцарапывали на восковых дощечках. В Древнем Египте попробовали писать на папирусе заточенным стеблем тростника, макая его в сажу, перемешанную с маслом или смолой. Идея была великолепна: из-под пера появлялись яркие черные линии. Это и были первые чернила. Писать ими было трудно. Вряд ли мы с вами смогли бы изобразить что-нибудь кроме клякс.

В III веке до н.э. чернила пришли в Европу. Древние греки и римляне научились делать их не только черного цвета, но и красного — с пурпуром. Их называли «придворными чернилами». Они использовались только для написания императорских указов и были очень дорогими. Известны чернила с добавками золота и серебра для расписывания священных книг. Рецепт старинных «чернил драгоценных камней», которыми писали монахи в буддийских монастырях, не разгадан до сих пор.

Конечно, такие чернила не могли получить широкого распространения. Много столетий люди писали и рисовали черными чернилами из мелкодисперсной сажи, получаемой при сжигании виноградных косточек, лозы, мягкой хвойной древесины, смол и масел, природных минералов. Сажу растирали с водой и клеем — растительным, рыбьим, яичным белком. Для водостойкости добавляли казеин и природную смолу шеллак. В рецептуру входили благовония, пряности, перламутровая пыль. Если быть более точным, сажевые чернила правильнее называть тушью (от нем. Tusche). Ее главная особенность — глубокий блестящий черный цвет. Тушь набирают пером, кистью или чертежным инструментом рейсфедером, для авторучек эта краска не годится. Сегодня тушь используют главным образом для черчения.

Европейцы первыми начали писать заточенными гусяными или лебедиными перьями. Английское слово pen — «ручка» произошло от латинского реппа — «перо птицы». Более тысячи лет весь просвещенный мир поскрипывал птичьим пером. Написанное посыпали мелким речным песком. Он служил промокашкой, впитывая чернильные излишки. Чернила носили с собой в чернильницах-непроливайках. Их горлышко имело форму воронки, поэтому чернила не вытекали даже при опрокидывании чернильницы.

Самые древние русские чернила — «копченые»: сажа, замешанная на густом соке акации или вишни (он называется камедью) и разведенная водой. На Руси делали «вареное чернило» — из дубовой, ольховой и ясеневой коры, «чернило черничное» из черники, «чернила добрыя и книжные» с железным купоросом.

Темно-коричневое «орешковое чернило» применяется для графических работ и в наше время. Его основа — чернильные орешки, или галлы. Так называются светло-зеленые или красноватые болезненные наросты на листьях и ветвях дуба, в которых живет личинка насекомого орехотворки. Галлы собирают осенью, измельчают, смешивают с железным купоросом, камедью, иногда добавляют имбирь и гвоздику для уменьшения вязкости. Со временем орешковые чернила не только не выцветают, но приобретают красивый насыщенный коричневый оттенок. Рукописи XVI века выглядят так, словно они были написаны вчера. Секрет в образующейся окиси железа, нерастворимой в воде и устойчивой к свету.

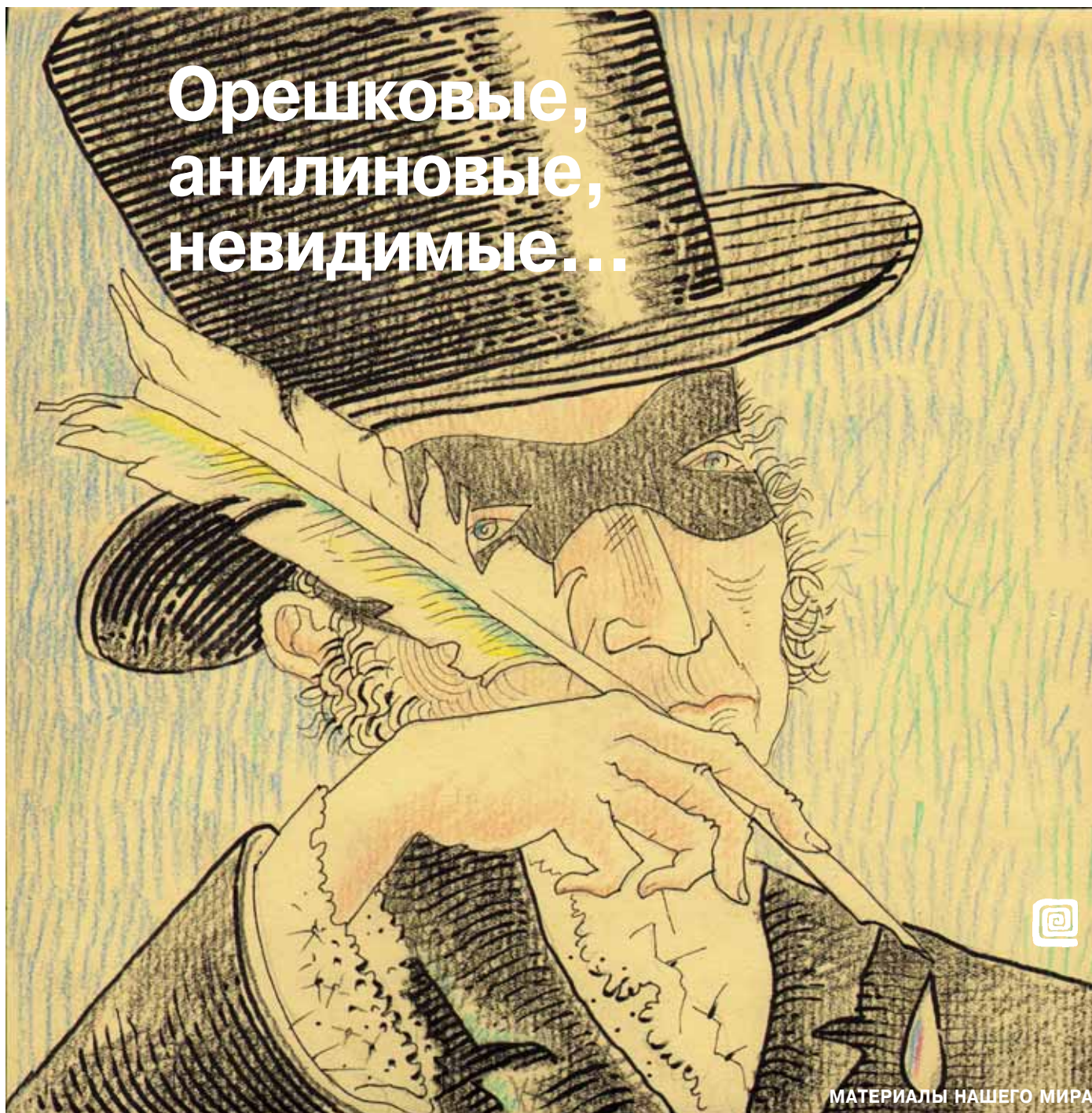
В 1855 году в Германии школьный учитель Август Леонгард сделал для своих учеников ализариновые чернила сине-зеленого цвета. В начале XX века появились анилиновые фиолетовые чернила. Ими мы пользуемся и сейчас. Начинка современных шариковых ручек — густая масляная чернильная паста, а гелевых и роллеров — чуть загущенные чернила. Они дешевы, удобны для писания. К достоинствам анилиновых чернил принадлежат и их непрочность, и слабая устойчивость к свету. Представьте себе руки и носы школьников, пишущих несмываемыми чернилами!

Для важных государственных документов используют долговечные чернила. Они состоят из растворенной в воде смеси кислот дубильной и галловой, сульфата железа и синего красителя. Высыхая на бумаге, они меняют синий цвет на черный. Это цвет образующегося на воздухе галло-танната железа, высокостабильного соединения.



# Орешковые, анилиновые, невидимые...

Художник П.Перевезенцев



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

Можно ли написать текст так, чтобы прочесть его мог только тот, кому он предназначен? Для этого нужны невидимые, секретные чернила. Их называют симпатическими. По легенде, впервые симпатические чернила для тайной переписки использовали китайские императоры. Это был обыкновенный рисовый отвар. Написанный им текст проявлялся при смачивании спиртовым раствором иода.

Особенно широко применяли симпатические чернила в Первую мировую войну. Состав их был достаточно сложным. Современными методами прочитать можно любую тайнопись. Ее исследуют термически — нагревая утюгом или открытым пламенем, механически — посыпая порошками железа и графита, химически — подвергая увлажнению, воздей-

ствию парами аммиака, оптически — просматривая в инфракрасном свете или используя контактную фотографию с химическими реактивами.

Шпионы теперь не пользуются тайнописью. Но ее можно применить в мирных целях. Овидий, живший в I веке до н.э., предлагал влюбленным писать записки молоком. Адресат, получив чистый листок, посыпал его сажой, которая прилипла к частичкам молочного жира и высвечивала послание.

Давайте сделаем простейшие симпатические чернила сами. Возьмем бледно-розовый раствор хлорида кобальта  $\text{CoCl}_2$ , наберем его в авторучку и напишем несколько слов на белой бумаге. Высохшая надпись будет совершенно незаметна. Чтобы ее прочитать, надо нагреть листок

над электрической плиткой. Через минуту проступят буквы голубого цвета. Если листок увлажнить, надпись опять исчезнет. Можно писать медным купоросом  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , растворенным в воде. Такая надпись под воздействием паров нашатырного спирта станет ярко-синей. Это цвет образующегося аммиаката меди.

А вот рецепт исчезающих чернил. Смешаем 50 мл спиртовой настойки иода с чайной ложкой крахмального клейстера — декстрина. Смесь профильтруем и зальем в ручку. Рисунок, признание или расписка, выполненные такими чернилами, исчезнут безвозвратно через день-два, когда иод полностью испарится.

**М.Демина**



# МЕЖДУНАРОДНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЫСТАВКИ С «ЭКСПОЦЕНТРОМ»!

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

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

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

  
**ХИМИЯ  
2011**

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

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

