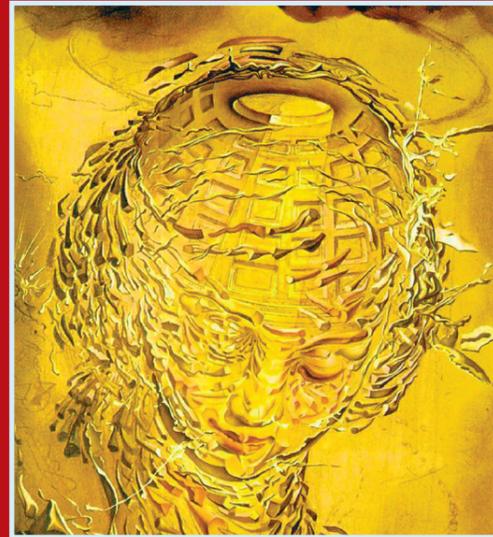


SCIENTIFIC AMERICAN  
в мире науки

# МОЗГ И СОЗНАНИЕ



Как мгновенный снимок самых последних результатов, многие из которых будут развиты и дополнены, материалы, вошедшие в наш альманах, имеют свою интеллектуальную и даже эмоциональную ценность. Они знакомят читателя с достижениями на самом переднем крае фундаментальных исследований природы, передают всю драму идей и негаданных открытий.

С. П. Капица

SCIENTIFIC AMERICAN **МОЗГ И СОЗНАНИЕ** в мире науки



## АЛЬМАНАХ

Нейробиология  
Структуры и функции  
Психология  
Наука о человеке

SCIENTIFIC AMERICAN

# МОЗГ И СОЗНАНИЕ

АЛЬМАНАХ



**«В мире науки»**

МОСКВА

2007

SCIENTIFIC AMERICAN

В МИРЕ НАУКИ

# BRAIN AND MIND

ALMANAC



**«в мире науки»**

MOSCOW  
2007

# МОЗГ И СОЗНАНИЕ

АЛЬМАНАХ

Раздел 1

Нейробиология XXI века

Раздел 2

Мозг: структуры и функции

Раздел 3

Психология

Раздел 4

Наука о человечестве

МОСКВА  
2007

УДК [52+629.78](082)  
ББК 22.6+39.6  
К 71

Руководитель проекта,  
главный редактор журнала «В мире науки»  
**Сергей Петрович Капица**

Научный консультант,  
профессор, доктор медицинских наук  
**Андрей Сергеевич Петрухин**

Редакторы-составители  
**Валентина Эдуардовна Катаева,**  
**Варвара Дмитриевна Ардаматская**

Научный редактор  
**Владимир Валентинович Свечников**

К 71 **Мозг и сознание:** Альманах / Под рук. С.П. Капицы — М.: В мире науки, 2007. — 240 с., ил.

**ISBN 5-98944-001-4**

Сборник научно-популярных статей ведущих мировых и российских ученых по нейробиологии, биотехнологиям и психологии, опубликованных за последние три года в журнале «В мире науки»/Scientific American. Тематика альманаха охватывает самые актуальные научные проблемы, связанные с мозгом и сознанием, а также с развитием человечества, и заинтересует как специалистов, так и широкий круг образованных и думающих читателей. К выпуску готовится вторая часть сборника, посвященная аналогичным проблемам.

**УДК [52+629.78](082)**  
**ББК 22.6+39.6**

ISBN 5-98944-001-4

© «В мире науки», 2007  
© «Scientific American», 2007

## ПРЕДИСЛОВИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Редакция журнала «В мире науки» представляет второй выпуск сборника статей, опубликованных в период с 2003 по 2007 гг. в нашем журнале. На сей раз он посвящен проблеме человека. Первый выпуск был обращен к космосу, и продолжение неслучайно: как бесконечна Вселенная, так безграничен наш интерес к самим себе.

В первом томе, за которым последует второй, мы обратились в первую очередь к проблеме сознания и мозга. Первый раздел посвящен нейробиологии и, наверное, ни одно направление современной науки не вызывает такого интереса. Более того, благодаря новым методам экспериментальных исследований, развитых в физике, особенно в биохимии, а также широкому применению современных достижений информатики нейронауки стремительно развиваются. Это открывает дорогу исследованиям как самого мозга, которым посвящен второй раздел, так и психологии, статьи по которой собраны в третьем разделе. Он начинается статьей, посвященной оценке работ Фрейда, оказавших влияние на многие стороны мышления в XX веке, и тому, как его идеи воспринимаются ныне в поисках нового синтеза. Внимание же современных исследователей переместилось в сторону когнитивной психологии, исследования образного восприятия мира и великой загадки сознания человека. Так, на 35-ой ежегодной конференции по нейронаукам в Вашингтоне в 2005 г. было более 30 тыс. участников и 17 тыс. докладов!

Наконец в последнем, четвертом разделе, собраны статьи, посвященные уже всему человечеству. Он открывается статьей ректора Московского государственного университета академика В.А. Садовниченко, написанной на основе его выступления на 4-м Российском философском конгрессе и посвященной месту науки в современном мире как основной силы развития человечества. Эти идеи получили свое отражение в моих работах по динамике роста населения Земли, где показано, как знания и способность их передавать путем образования лежат в основе механизма, могущего объяснить взрывной рост человечества и тот кризис развития, к которому мы пришли. Таким образом, круг познания замкнулся. Начав с работы мозга и механизмов сознания, мы вышли к общим вопросам нашего будущего. Это подтверждает проникновенное замечание Джулиана Хаксли: «Человек — это ни что иное, как эволюция, осознавшая самое себя», приведенное в предисловии к книге Тейяр де Шардена «Феномен человека».

Как и первый выпуск альманаха, настоящий сборник не дает достаточно полного изложения рассматриваемого круга проблем, однако он,

несомненно, отражает некоторые основные темы, точки роста в области нейронаук, в значительной мере определяющие наши взгляды на науки о человеке и обществе. Правда, последнему аспекту, т.е. общественным наукам, по существу, должного внимания не уделено. Это связано как с понятным ограничением тематики, так, в еще большей степени, с тем водоразделом, который по-прежнему отграничивает естественные науки от тех, что некоторые самонадеянно называют «неестественными». Быть может, эта граница проходит на более глубоком методологическом уровне и обязана своим существованием редукционизму, царствующему в области методов познания точных наук. Несмотря на то что эти вопросы лежат за пределами тематики альманаха, они незримо отражают упомянутый водораздел.

Ряд статей, в первую очередь материалы русских авторов, написаны на основе выступлений в телевизионных передачах «Очевидное — Невероятное». Эти записи требовали большой работы по переводу из устной формы изложения в письменную, чем редакция обязана как самим авторам, так и видимому вкладу невидимых, но преданных науке и просвещению работников редакции в тот текст, который находится перед вами. В такой работе также приходится преодолевать расщепленность сознания, о которой я только что упомянул. В этом в значительной мере и состоит традиция *Scientific American* и журнала «В мире науки», его просветительская и информационная функция, которая столь актуальна для мира и страны. Поэтому в заключение редакция с благодарностью отмечает поддержку и понимание технического директора компании «ТАРИО.net» В.Г. Костюнина и ректора Российского Нового Университета В.А. Зернова, которые сделали возможным второе пришествие журнала в русскоязычный мир.

Их решимость в полной мере отвечает словам В.А. Садовниченко: «Будущее науки и наука будущего определяются отношением к ней государства и власти. И речь вовсе не о том, чтобы державой руководили исключительно ученые мужи. Но горе той стране, чье правительство полностью игнорирует науку, — у нее нет перспектив. Потому что будущее закладывается сегодня в кабинетах правительства и ученых, на промышленных предприятиях и в университетских аудиториях, более того — в умах и сердцах людей. Однако если и в дальнейшем наука, ненаучное знание и политика останутся разобщенными, будущее человечества станет еще менее предсказуемым и окажется в зоне риска. Хочется верить, что всем нам достанет мудрости выбрать верный путь для нашей цивилизации. И тогда мы увидим новое небо и новую землю».

**С.П. Капица**



**Сознание  
без мозга  
не существует,  
а без поведения  
его невозможно  
распознать.**

*Хосе Дельгадо*

# СОДЕРЖАНИЕ

## Раздел 1. Нейробиология XXI века

|  |    |
|--|----|
| 1. ЦЕЛЬ — САМОПОЗНАНИЕ .....                           | 12 |
| 2. МОЗГ, ВОССТАНОВИ СЕБЯ .....                         | 15 |
| 3. МАРИХУАНА МОЗГА, ИЛИ НОВАЯ СИГНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ..... | 23 |
| 4. БИОХИМИЯ САМОУБИЙСТВА .....                         | 31 |
| 5. МОЗГ НАРКОМАНА .....                                | 37 |
| 6. ВИАГРА ДЛЯ МОЗГА .....                              | 45 |
| 7. ПОДНОГОТНАЯ ГИНКГО ДВУЛОПАСТНОГО .....              | 53 |
| 8. ЦЕЛИТЕЛЬНАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ .....            | 59 |
| 9. ЧТЕНИЕ МЫСЛЕЙ .....                                 | 67 |

## Раздел 2. Мозг: структуры и функции

|   |     |
|---|-----|
| 10. УПРАВЛЯЮЩИЙ МОЗГ .....                        | 73  |
| 11. ДРУГАЯ ЧАСТЬ МОЗГА. ....                      | 79  |
| 12. ЭТОТ ЗАГАДОЧНЫЙ МОЗЖЕЧОК .....                | 89  |
| 13. МЫСЛЬ УПРАВЛЯЕТ РОБОТОМ .....                 | 97  |
| 14. ЗВУЧАЩИЕ КРАСКИ И ВКУСНЫЕ ПРИКОСНОВЕНИЯ ..... | 107 |
| 15. ФЕНОМЕНАЛЬНЫЙ МОЗГ .....                      | 115 |
| 16. НА КРЫЛЬЯХ СНА .....                          | 121 |
| 17. МУЗЫКА И МОЗГ .....                           | 127 |

## Раздел 3. Психология

|  |     |
|--|-----|
| 18. ФРЕЙД ВОЗВРАЩАЕТСЯ .....           | 137 |
| 19. СОЗНАНИЕ И МОЗГ .....              | 145 |
| 20. УСПЕХИ КОГНИТИВНЫХ НАУК .....      | 155 |
| 21. АЛХИМИЯ ПАМЯТИ .....               | 163 |
| 22. В МИРЕ СИМВОЛОВ .....              | 173 |
| 23. МИФОЛОГИЯ САМООЦЕНКИ .....         | 179 |
| 24. ИСКУССТВО БОРЬБЫ СО СТРЕССОМ ..... | 187 |

## Раздел 4. Наука о человечестве

|  |     |
|--|-----|
| 25. ПУТЬ МУДРЕЦА .....                                     | 199 |
| 26. ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА ..... | 207 |
| 27. ВЗРОСЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА .....                          | 219 |
| 28. ГИБЕЛЬ ЦИВИЛИЗАЦИИ? .....                              | 227 |

|   |     |
|---|-----|
| АВТОРЫ .....                                | 230 |
| ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....             | 232 |
| ЖУРНАЛУ SCIENTIFIC AMERICAN – 160 ЛЕТ ..... | 236 |



# НЕЙРОБИОЛОГИЯ XXI ВЕКА

## I

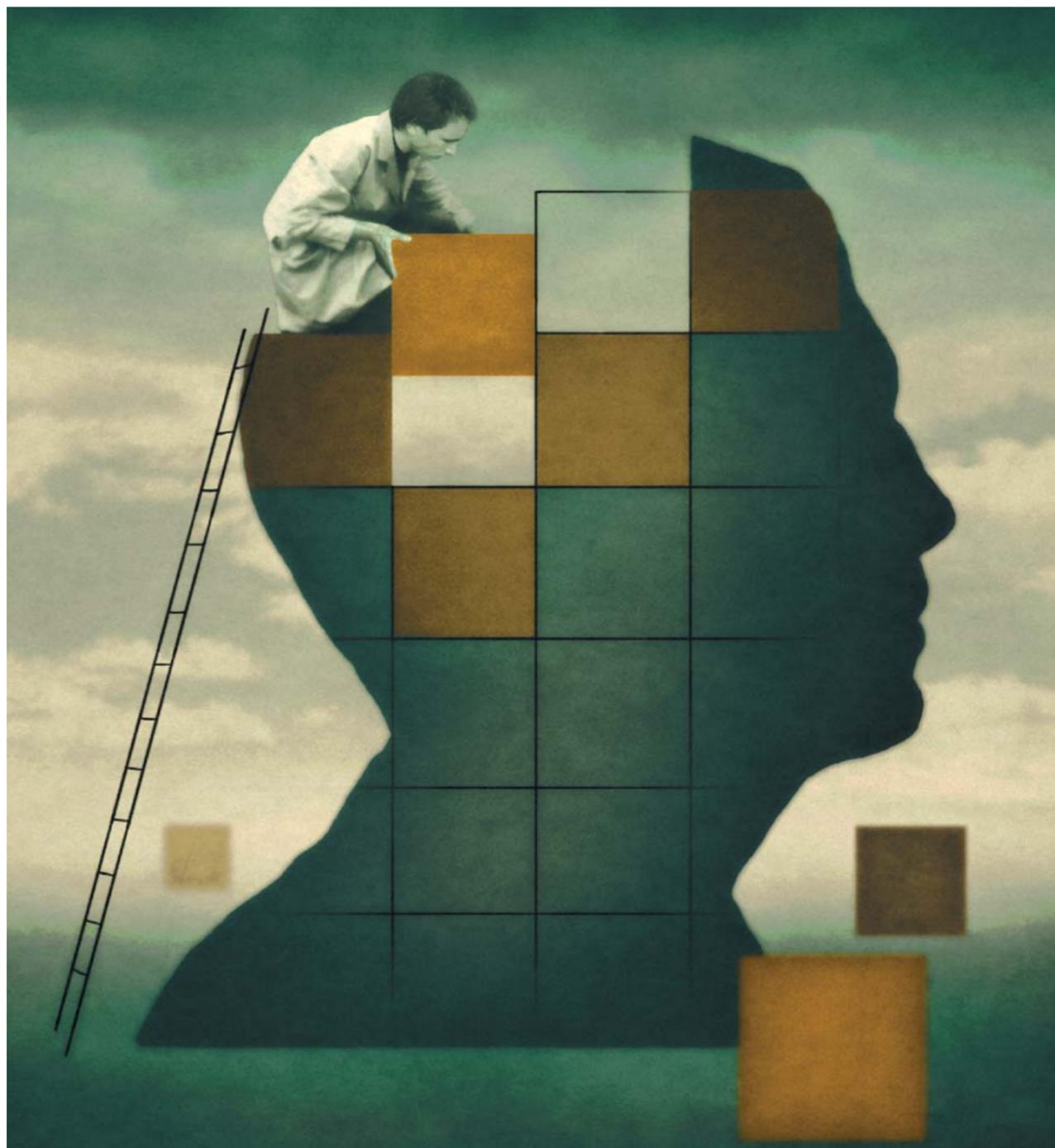
Нервная система обладает невероятной пластичностью.  
Изучение этого свойства позволит нейробиологам разработать  
новые подходы к лечению многих заболеваний  
и повышению работоспособности мозга



# ЦЕЛЬ — САМОПОЗНАНИЕ

Гэри Стикс

Мозг по-прежнему остается загадкой.  
Но это нисколько не мешает ученым пытаться  
увеличить его работоспособность



Поняв, что расшифровка работы самой сложной «машины» на свете — головного мозга — исследователям пока не по плечу, они поставили перед собой куда более скромные задачи. Наиболее значимые из них — исследования в области идентификации дефектных генов, ответственных за развитие наследственных болезней Альцгеймера и Гентингтона, а также разработка новых препаратов для лечения рассеянного склероза и других нейродегенеративных заболеваний.

Однако до сих пор остается неразгаданной одна из фундаментальных загадок нейробиологии и психологии: мы по-прежнему находимся в полном неведении относительно природы сознания. Чтобы сдвинуться с мертвой точки, ученым может потребоваться еще столетие. Иные же нейробиологи и философы полагают, что сущность человеческой психики познать невозможно. Привычные изображения мозга в виде желтых или оранжевых пятен на фоне серого вещества дают нам некоторое представление о его активности в то время, когда мы смеемся, спим или складываем числа. Такие картинки показывают, в каких областях головного мозга наиболее высок уровень кровотока. Но несмотря на все притязания томографических исследований стать френологией нового времени, они так и остаются абстракцией — шатким мостиком между мозгом и психикой.

Нейробиология, изучающая механизмы функционирования мозга, весьма преуспела в распутывании химических и электрических связей, определяющих память, движения и эмоции. Однако попытки свести восприятие чарующего голоса Марии Каллас или красочного великолепия закатного неба на Гавайях к совокупности взаимодействий между аксонами, дендритами и нейротрансмиттерами так и не объясняют всей неповторимости этих событий. Быть может, именно поэтому достижения современной нейробиологии впечатляют нас гораздо меньше, чем можно было бы ожидать.

Международные исследования, проводившиеся на протяжении 1990-х гг., позволили нейробиологам по-новому взглянуть на некоторые аспекты функционирования головного мозга и способы повышения его работоспособности. Фармакологам известно, что многие болезни поддаются эффективному лечению с помощью препаратов, механизмы действия которых неизвестны.

Было обнаружено, что мозг обладает гораздо большей пластичностью и изменчивостью, чем считалось прежде. Было установлено, что даже в зрелом возрасте он способен к самообновлению, что полностью опровергает вековые неврологические догмы. Способность некоторых областей зрелого мозга образовывать новые нервные клетки

имеет громадное значение как для практикующих врачей, так и для разработчиков новых лекарственных препаратов. Осторожная реактивация молекул, стимулирующих процесс нейрогенеза, могла бы остановить гибель нейронов при болезнях Альцгеймера и Паркинсона. Не исключено, что успехи в изучении данного явления помогут совершить переворот в лечении некоторых психических расстройств. В настоящее время гипотеза, согласно которой прозак и прочие ингибиторы обратного всасывания серотонина в синапсе, инициируя нейрогенез, способны оказывать влияние на эмоциональную сферу психики, проходит экспериментальную проверку. Если исследователям удастся понять механизмы этого процесса и научиться корректировать схему соединений между нервными клетками, то могут быть созданы новые, более эффективные лекарственные препараты против депрессии.

Мозг способен не только образовывать новые нервные клетки, но и изменять свою «монтажную схему». Понимание механизмов нейронной пластичности поможет ученым определить границы терапевтических возможностей при различных поражениях головного и спинного мозга. Несмотря на то что мечта парализованного актера Кристофера Рива не осуществилась (отмечая свое 50-летие, «Супермен» так и не поднялся на ноги), неврологов поразило, насколько быстро восстанавливается подвижность его конечностей после тяжелой травмы спинного мозга.

Понимание сложнейших механизмов взаимодействия между нейротрансмиттерами, внутриклеточными посредниками, факторами транскрипции, генами и разнообразными белками, необходимыми для образования долговременной памяти, может привести к разработке лекарственных препаратов, которые окажут действенную помощь людям, страдающим болезнью Альцгеймера и другими формами деменции. А выпускники школ, студенты и руководители компаний, возможно, вскоре смогут купить безопасные таблетки, реально улучшающие память.

Повышение работоспособности головного мозга и оптимизация его функций — дело недалекого будущего. Но когда цель будет достигнута, неизбежно возникнет этический вопрос: кто вправе пользоваться этим благом? Разделит ли «умные таблетки» общество на элиту, которой будут доступны фармакологические препараты, улучшающие память, и остальное население, которое по старинке будет заниматься полуночной зубрежкой при свете настольной лампы? Похоже, нейробиология чаще, чем какая-либо другая биологическая дисциплина, обращается к проблемам общественной справедливости. ■

(В мире науки, №12, 2003)

# МОЗГ, ВОССТАНОВИ СЕБЯ

Фред Гейдж

Человеческий мозг способен  
изменять свою структуру

**Н**а протяжении всей своей 100-летней истории нейронаука придерживалась догмы: мозг взрослого человека не подвержен изменениям. Считалось, что человек может терять нервные клетки, но не обретать новые. Действительно, если бы мозг был способен к структурным изменениям, как бы сохранялась память?

Кожа, печень, сердце, почки, легкие и кровь могут образовывать новые клетки для замены поврежденных. Вплоть до недавнего времени специалисты считали, что такая способность к регенерации не распространяется на центральную нервную систему, состоящую из головного и спинного мозга.

Однако за последние пять лет нейробиологи открыли, что мозг все же меняется в течение жизни: происходит образование новых клеток, позволяющих справиться с возникающими трудностями. Такая пластичность помогает мозгу восстанавливаться после травмы или заболевания, увеличивая свои потенциальные возможности.

Нейробиологи на протяжении десятков лет ищут способы улучшить состояние мозга. Стратегия лечения основывалась на восполнении недостатка нейромедиаторов — химических веществ, передающих сообщения нервным клеткам (нейронам). При болезни Паркинсона, например, мозг больного теряет способность вырабатывать нейромедиатор дофамин, поскольку производящие его клетки гибнут. Химический «родственник» дофамина, *L*-Допа, может временно облегчить состояние больного, но не излечить его. Для замены нейронов, погибающих при таких неврологических заболеваниях, как болезнь Гентингтона и Паркинсона, и при травмах спинного мозга, нейробиологи пытаются имплантировать стволовые клетки, полученные из эмбрионов. В последнее время исследователи заинтересовались нейронами, полученными из эмбриональных стволовых клеток человека, которые при определенных условиях можно заставить образовывать в чашках Петри любые типы клеток человеческого организма.

Несмотря на то что у стволовых клеток много преимуществ, очевидно, следует развивать способности взрослой нервной системы к самовосстановлению. Для этого необходимо ввести вещества, стимулирующие мозг к образованию собственных клеток и восстановлению поврежденных нервных цепей.

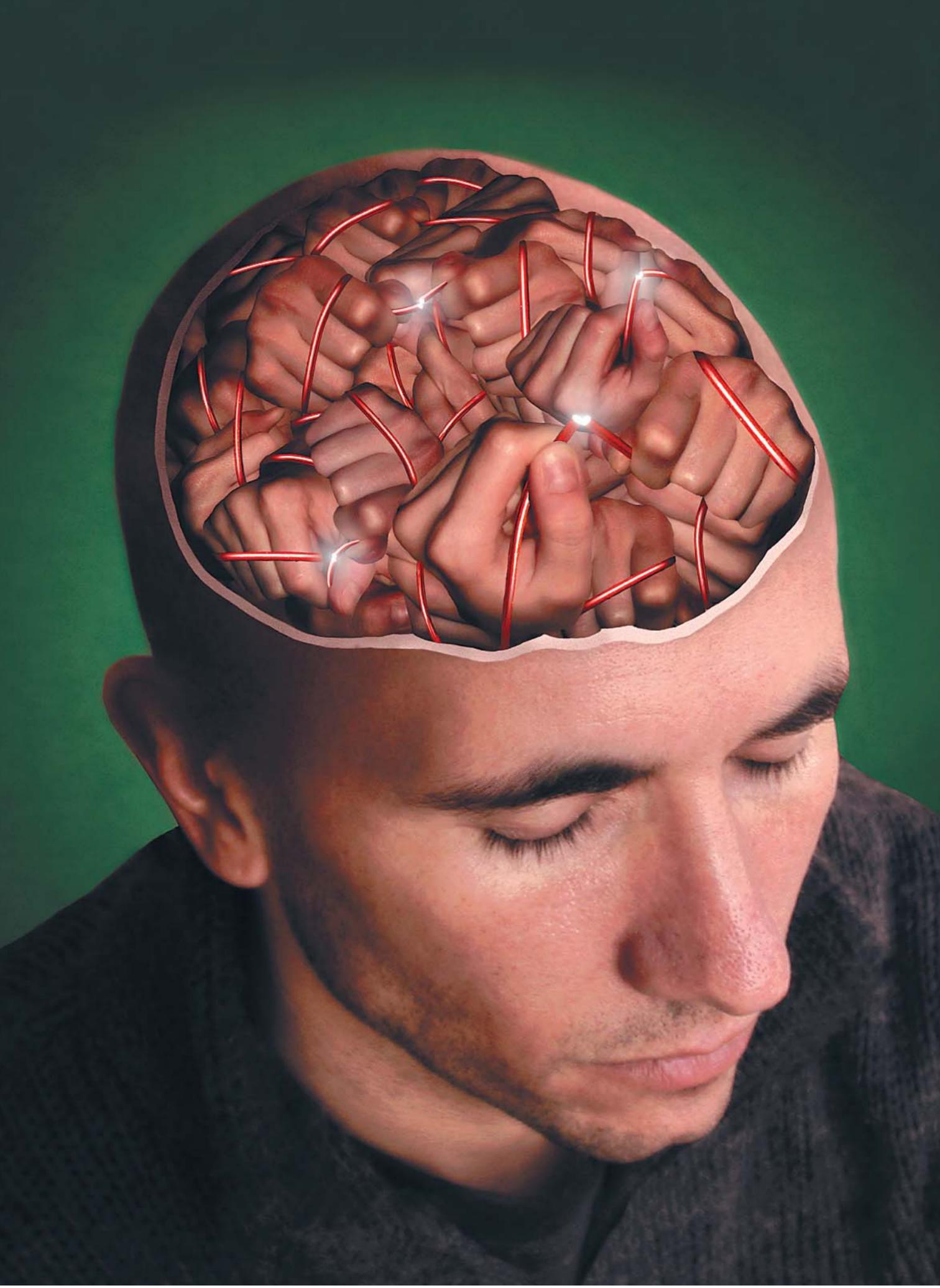
## Новорожденные нервные клетки

В 1960–70-х гг. исследователи пришли к выводу, что центральная нервная система млекопитающих способна к регенерации. Первые эксперименты показали, что основные ветви нейронов взрослого головного и спинного мозга — аксоны — могут восстанавливаться после повреждения. Вскоре было обнаружено рождение новых нейронов в мозге взрослых птиц, обезьян и людей, т.е. нейрогенез.

Возникает вопрос: если центральная нервная система может образовывать новые нейроны, способна ли она восстанавливаться в случае болезни или травмы? Для того чтобы ответить на него, необходимо понять, как происходит нейрогенез во взрослом мозге и каким образом можно его стимулировать.

Рождение новых клеток происходит постепенно. Так называемые мультипотентные стволовые клетки в мозге периодически начинают делиться, давая начало другим стволовым клеткам, которые могут вырасти в нейроны или опорные клетки, называемые глией. Но для созревания новорожденные клетки должны избегать влияния мультипотентных стволовых клеток, что удается лишь половине из них — остальные гибнут. Такое расточительство напоминает процесс, происходящий в организме до рождения и в раннем детстве, когда возникает больше нервных клеток, чем необходимо для образования мозга. Выживают только те из них, которые формируют действующие связи с другими.

Станет ли уцелевшая молодая клетка нейроном или глиальной клеткой, зависит от того, в каком участке мозга она окажется и какие процессы будут происходить в этот период. Новому



нейрону требуется более месяца, чтобы начать полноценно функционировать, посылать и принимать информацию. Таким образом, нейрогенез представляет собой не одномоментное событие, а процесс, который регулируется веществами, называемыми факторами роста. Например, фактор, названный «звуковой еж» (*sonic hedgehog*), обнаруженный впервые у насекомых, регулирует способность незрелых нейронов к пролиферации. Фактор *notch* и класс молекул, названных морфогенетическими протеинами кости, видимо, определяют, станет ли новая клетка глиальной или нервной. Как только это произойдет, другие факторы роста, такие как мозговой нейротрофический фактор (*BDNF*), нейротрофины и инсулинподобный фактор роста (*IGF*), начинают поддерживать жизнедеятельность клетки, стимулируя ее созревание.

### Место действия

Новые нейроны возникают во взрослом мозге млекопитающих не случайно и, по всей видимости, образуются только в заполненных жидкостью пустотах в переднем мозге — в желудочках, а также в гиппокампе — структуре, спрятанной глубоко в мозге, имеющей форму морского конька. Нейробиологи доказали, что клетки, которым суждено стать нейронами, перемещаются из желудочков в обонятельные луковицы, которые получают информацию от клеток, расположенных в слизистой носа и чувствительных к запаху. Никто точно не знает, почему обонятельной луковице требуется столько новых нейронов. Легче предположить, зачем они нужны гиппокампу: поскольку эта структура важна для запоминания новой информации, дополнительные нейроны, вероятно, способствуют упрочению связей между нервными клетками, повышая способность мозга обрабатывать и хранить сведения.

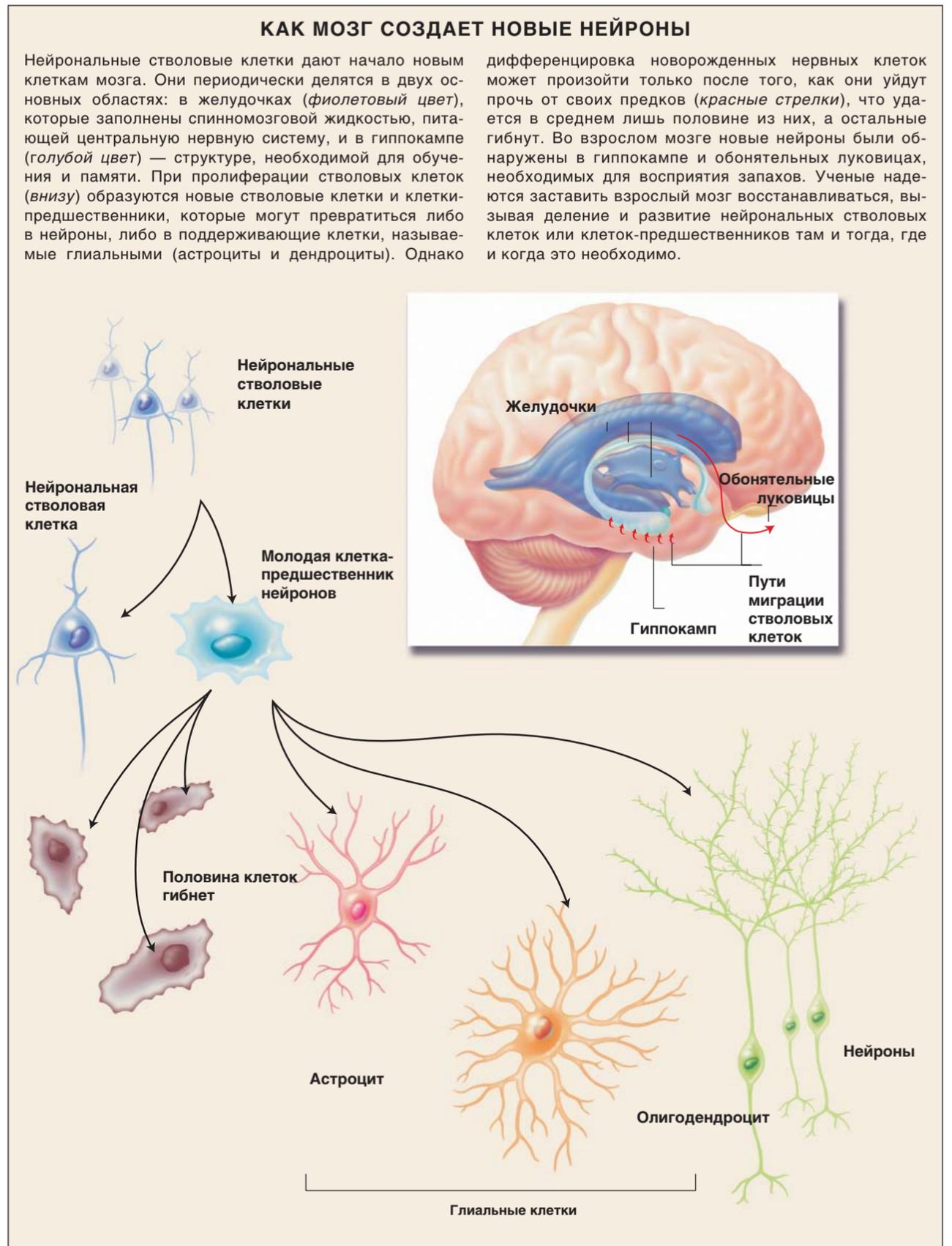
Процессы нейрогенеза также обнаружены за пределами гиппокампа и обонятельной луковицы,

например, в префронтальной коре — обители интеллекта и логики, а также в других областях взрослого головного и спинного мозга. Последнее время появляются все новые подробности о молекулярных механизмах, управляющих нейрогенезом, и о химических стимулах, регулирующих его, и мы вправе надеяться, что со временем можно будет искусственно стимулировать нейрогенез в любой части мозга. Зная, как факторы роста и локальное микроокружение управляют нейрогенезом, исследователи рассчитывают создать методы лечения, позволяющие восстановить больной или поврежденный мозг.

С помощью стимулирования нейрогенеза можно улучшить состояние пациента при некоторых неврологических заболеваниях. Например, причина инсульта — закупорка сосудов головного мозга, в результате чего из-за недостатка кислорода гибнут нейроны. После инсульта в гиппокампе начинает развиваться нейрогенез, стремящийся «вылечить» поврежденную ткань мозга с помощью новых нейронов. Большинство новорожденных клеток гибнет, однако некоторые успешно мигрируют к поврежденному участку и превращаются в полноценные нейроны. Несмотря на то что для компенсации повреждений при тяжелом инсульте этого недостаточно, нейрогенез может помочь мозгу после микроинсультов, которые часто проходят незамеченными. Сейчас нейробиологи пытаются применять васкуло-эпидермальный фактор роста (*VEGF*) и фактор роста фибробластов (*FGF*) для усиления естественного восстановления.

Оба вещества представляют собой крупные молекулы, которые с трудом преодолевают гематоэнцефалический барьер, т.е. сеть тесно переплетенных клеток, выстилающих кровеносные сосуды мозга. В 1999 г. биотехнологическая компания *Wyeth-Ayerst Laboratories and Scios* из Калифорнии приостановила клинические испытания *FGF*, применяемого для лечения инсульта, поскольку его молекулы не попадали в мозг. Некоторые исследователи пытались решить эту задачу, соединяя молекулу *FGF* с другой, которая вводила клетку в заблуждение и заставляла ее захватывать весь комплекс молекул и переносить его в ткань мозга. Другие ученые методами генной инженерии создавали клетки, вырабатывающие *FGF*, и трансплантировали их в мозг. Пока подобные эксперименты проводились лишь на животных.

Стимулирование нейрогенеза может оказаться действенным при лечении депрессии, главной причиной которой (помимо генетической



### ОБЗОР: НОВЫЕ НЕРВНЫЕ КЛЕТКИ ВО ВЗРОСЛОМ МОЗГЕ

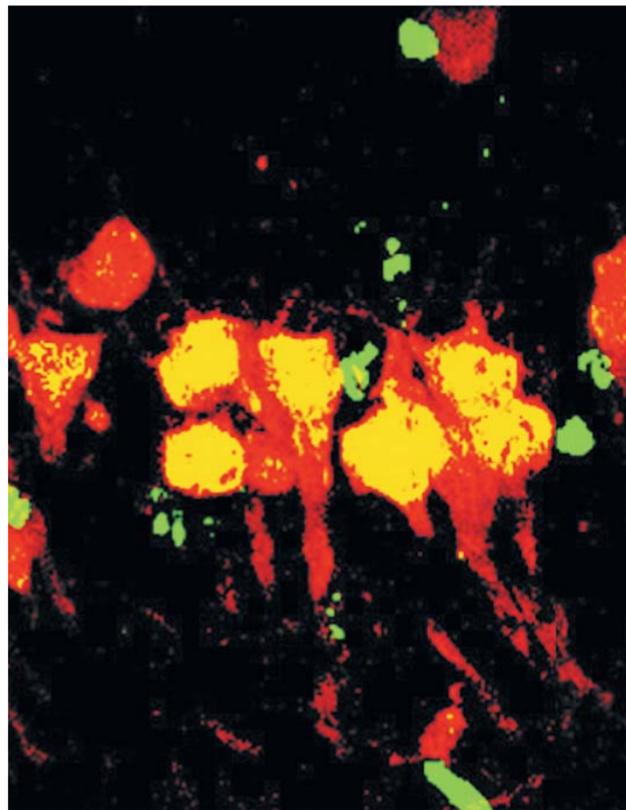
- Иногда факторы роста, присутствующие в мозге, могут вызывать образование новых клеток.
- Либо факторы роста, либо вещества, стимулирующие их выделение и вводимые извне, могут помочь при различных заболеваниях и травмах головного и спинного мозга.
- Теоретически факторы роста могут улучшить работу и здорового мозга, однако пока не ясно, насколько это реально.

### СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ КАК МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ

Потенциальным средством для восстановления поврежденного мозга исследователи считают два типа стволовых клеток. Во-первых, нейрональные стволовые клетки взрослого мозга: редкие первичные клетки, сохранившиеся от ранних стадий эмбрионального развития, обнаруженные как минимум в двух областях мозга. Они могут делиться на протяжении всей жизни, давая начало новым нейронам и поддерживающим клеткам, называемым глией. Ко второму типу относятся человеческие эмбриональные стволовые клетки, выделенные из зародышей на очень ранней стадии развития, когда весь эмбрион состоит примерно из ста клеток. Такие эмбриональные стволовые клетки могут давать начало любым клеткам организма.

В большинстве исследований производится наблюдение за ростом нейрональных стволовых клеток в культуральных чашках. Они могут там делиться, их можно генетически пометить и затем трансплантировать назад в нервную систему взрослого индивидуума. В экспериментах, которые пока проводились только на животных, клетки хорошо приживаются и могут дифференцироваться в зрелые нейроны в двух областях мозга, где образование новых нейронов происходит и в норме, — в гиппокампе и в обонятельных луковицах. Однако в других областях нейрональные стволовые клетки, взятые из взрослого мозга, не торопятся становиться нейронами, хотя могут стать глией. Проблема со взрослыми нейрональными стволовыми клетками

состоит в том, что они пока еще незрелые. Если взрослый мозг, в который их пересадили, не будет вырабатывать сигналы, необходимые для стимуляции их развития в определенный тип нейронов — например в гиппокампальный нейрон, — они либо погибнут, либо станут глиальной клеткой, либо так и останутся недифференцированной стволовой клеткой. Для решения этого вопроса необходимо определить, какие биохимические сигналы заставляют нейрональную стволовую клетку стать нейроном данного типа, и затем направить развитие клетки по такому пути прямо в культуральной чашке. Ожидается, что после трансплантации в заданный участок мозга эти клетки останутся нейронами того же типа, сформируют связи и начнут функционировать.



Новые нейроны (желтого цвета) в мозге крысы, перенесшей инсульт, через месяц после введения нейрональных факторов роста

предрасположенности) считается хронический стресс, ограничивающий, как известно, количество нейронов в гиппокампе. Многие из выпускаемых лекарственных средств, показанных при депрессии, в том числе прозак, усиливают нейрогенез у животных. Интересно, что для снятия депрессивного синдрома с помощью этого препарата требуется один месяц — столько же, сколько и для осуществления нейрогенеза. Возможно, депрессия отчасти вызвана замедлением данного процесса в гиппокампе. Последние клинические исследования с применением методов визуализации нервной системы подтвердили, что у пациентов с хронической депрессией гиппокамп меньше, чем у здоровых людей. Длительное применение антидепрессантов, похоже, подстегивает нейрогенез: у грызунов, которым давали эти препараты на протяжении нескольких месяцев, в гиппокампе возникали новые нейроны.

#### Помоги мозгу

Еще одно заболевание, провоцирующее нейрогенез, — болезнь Альцгеймера. Как показали недавние исследования, в органах мыши, которой были введены гены человека, пораженные болезнью Альцгеймера, обнаружены различные отклонения нейрогенеза от нормы. В результате такого вмешательства у животного

в избытке вырабатывается мутантная форма предшественника человеческого амилоидного пептида, и уровень нейронов в гиппокампе падает. А гиппокамп мышей с мутантным геном человека, кодирующим белок пресенилин, обладал малым количеством делящихся клеток и, соответственно, меньшим числом выживших нейронов. Введение *FGF* непосредственно в мозг животных ослабляло тенденцию; следовательно, факторы роста могут стать хорошим средством лечения этого разрушительного заболевания.

Следующий этап исследований — факторы роста, управляющие различными стадиями нейрогенеза (т.е. рождением новых клеток, миграцией и созреванием молодых клеток), а также факторы, тормозящие каждый этап. Для лечения таких заболеваний, как депрессия, при которой снижается количество делящихся клеток, необходимо найти фармакологические вещества или другие методы воздействия, усиливающие пролиферацию клеток. При эпилепсии, видимо, новые клетки рождаются, но затем мигрируют в ложном направлении, и нужно понять, как направить «заблудшие» нейроны по правильному пути. При злокачественной глиоме мозга глиальные клетки пролиферируют

и образуют смертельно опасные разрастающиеся опухоли. Хотя причины возникновения глиомы еще не ясны, некоторые полагают, что она возникает в результате неконтролируемого разрастания стволовых клеток мозга. Лечить глиому можно с помощью природных соединений, регулирующих деление таких стволовых клеток.

Для лечения инсульта важно выяснить, какие факторы роста обеспечивают выживание нейронов и стимулируют превращение незрелых клеток в здоровые нейроны. При таких заболеваниях, как болезнь Гентингтона, амиотрофический боковой склероз (АЛС) и болезнь Паркинсона (когда гибнут совершенно конкретные типы клеток, что ведет к развитию специфических когнитивных или моторных симптомов), данный процесс происходит наиболее часто, поскольку клетки, с которыми связаны эти болезни, располагаются в ограниченных областях.

Возникает вопрос: как управлять процессом нейрогенеза при том или ином типе воздействия, чтобы контролировать количество нейронов, поскольку их избыток также представляет опасность? Например, при некоторых формах эпилепсии нейрональные стволовые клетки продолжают делиться даже после того, как новые нейроны уже

### УСТАНАВЛИВАЯ ВАЖНЫЕ СВЯЗИ

Поскольку проходит около месяца с момента деления нейрональной стволовой клетки до тех пор, пока ее потомок не включится в функциональные цепи мозга, роль этих новых нейронов в поведении, вероятно, определяется не столько родословной клетки, сколько тем, как новые и уже существующие клетки соединяются друг с другом (образуя синапсы) и с существующими нейро-

нами, формируя нервные цепи. В процессе синаптогенеза так называемые шипики на боковых отростках, или дендритах, одного нейрона соединяются с основной ветвью, или аксоном, другого нейрона. Как показывают недавние исследования, дендритные шипики (внизу) могут менять свою форму в течение нескольких минут. Это свидетельствует о том, что синаптогенез может

лежать в основе обучения и памяти. Одноцветные микрофотографии мозга живой мыши (красная, желтая, зеленая и голубая) были сделаны с интервалом в одни сутки. Многоцветное изображение (крайнее справа) представляет собой те же фотографии, наложенные друг на друга. Участки, не претерпевшие изменений, выглядят практически белыми.



| НЕКОТОРЫЕ НЕЙРОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ РОСТА<br>В ФОКУСЕ ИССЛЕДОВАНИЙ                        |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Возможно, эти факторы будут применяться как лекарство либо ученые разработают другие |   | вещества, которые будут стимулировать или блокировать действие этих факторов.             |   |
| НАЗВАНИЕ   | ФУНКЦИЯ   | ЗАБОЛЕВАНИЕ   | НЕКОТОРЫЕ КОМПАНИИ, ЗАНЯТЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯМИ                  |
| Мозговой нейротрофический фактор ( <i>BDNF</i> )                                     | Поддерживает жизнедеятельность новых нейронов   | Депрессия (более не исследуется в отношении амиотрофического латерального склероза — АЛС) | <i>Amgen</i> , штат Калифорния                              |
| Цилиарный нейротрофический фактор ( <i>CNTF</i> )                                    | Не дает новым нейронам погибнуть  | Болезнь Гентингтона (также проверяется от ожирения)                                       | <i>Regeneron Pharmaceuticals</i> , Территаун, штат Нью-Йорк |
| Эпидермальный фактор роста ( <i>EGF</i> )  | Стимулирует деление стволовых клеток мозга  | Мозговые опухоли и инсульт  | <i>ImClone Systems</i> , г. Нью-Йорк                        |
| Фактор роста фибробластов ( <i>FGF</i> )   | В небольших количествах обеспечивает выживание различных типов клеток; в больших концентрациях вызывает пролиферацию клеток | Мозговые опухоли и инсульт  | <i>Via-Cell</i> , г. Бостон                                 |
| Глиальный нейротрофический фактор ( <i>GDNF</i> )                                    | Вызывает рост новых отростков у моторных нейронов; защищает от гибели клетки, исчезающие при болезни Паркинсона             | Болезнь Паркинсона и АЛС  | <i>Amgen</i>  |
| Глиальный фактор роста-2 ( <i>GGF-2</i> )  | Способствует возникновению глиальных (опорных) клеток   | Травма спинного мозга, рассеянный склероз и шизофрения                                    | <i>Acorda Therapeutics</i> , Хоторн, штат Нью-Йорк          |
| Инсулинподобный фактор роста ( <i>IGF</i> )  | Стимулирует образование как нейронов, так и глиальных клеток  | Рассеянный склероз, травма спинного мозга, АЛС и старческое слабоумие                     | <i>Cephalon</i> , Уэст-Честер, штат Пенсильвания            |
| Нейротрофин-3 ( <i>NT-3</i> )  | Способствует формированию олигодендроцитов (разновидности глиальных клеток)   | Рассеянный склероз, травма спинного мозга и АЛС   | <i>Amgen</i> и <i>Regeneron Pharmaceuticals</i>             |

утрачивают способность устанавливать полезные связи. Нейробиологи предполагают, что «неправильные» клетки остаются незрелыми и оказываются в ненужном месте, формируя т.н. фикальные корковые дисплазии (ФКД), генерирующие эпилептиформные разряды и вызывая эпилептические припадки. Не исключено, что введение факторов роста при инсульте, болезни Паркинсона и других заболеваниях может заставить нейрональные стволовые клетки делиться чересчур быстро и привести к сходным симптомам. Поэтому исследователи должны сначала изучить применение факторов роста для индукции рождения, миграции и созревания нейронов.

При лечении травм спинного мозга, АЛС или рассеянного склероза необходимо заставить стволовые клетки производить олигодендроциты, одну из разновидностей глиальных клеток. Они необходимы для коммуникации нейронов друг с другом, поскольку изолируют длинные аксоны, проходящие от одного нейрона к другому, предотвращая рассеяние проходящего по аксону электрического сигнала. Известно, что стволовые клетки в спинном мозге обладают способностью время от времени производить олигодендроциты. Исследователи применили факторы роста для стимулирования данного процесса у животных с травмой спинного мозга и получили положительные результаты.

### Зарядка для мозга

Одна из важных особенностей нейрогенеза в гиппокампе состоит в том, что персональный опыт индивидуума может влиять на скорость деления клеток, количество выживших молодых нейронов и их способность встраиваться в нервную сеть. Например, когда взрослых мышей переселяют из обычных и тесных клеток в более удобные и просторные, у них происходит значительное усиление нейрогенеза. Исследователи обнаружили, что тренировки мышей в колесе для бега достаточно для того, чтобы удвоить количество делящихся клеток в гиппокампе, что ведет к резкому увеличению числа новых нейронов. Интересно, что регулярная физическая нагрузка может снять депрессию у людей. Возможно, это происходит благодаря активации нейрогенеза.

Если ученые научатся управлять нейрогенезом, то наши представления о заболеваниях и травмах мозга кардинально изменятся. Для лечения можно будет использовать вещества, избирательно стимулирующие определенные этапы нейрогенеза. Фармакологическое воздействие

будет сочетаться с физиотерапией, усиливающей нейрогенез и стимулирующей определенные области мозга к встраиванию в них новых клеток. Учет взаимосвязей между нейрогенезом и умственной и физической нагрузками позволит снизить риск возникновения неврологических заболеваний и усилить природные репаративные процессы в мозге.

Путем стимуляции роста нейронов в мозге здоровые люди получают возможность улучшить состояние своего организма. Однако вряд ли им понравятся инъекции факторов роста, с трудом проникающих сквозь гематоэнцефалический барьер после введения в кровотоки. Поэтому специалисты ищут препараты, которые можно было бы выпускать в виде таблеток. Подобное лекарство позволит стимулировать работу генов, кодирующих факторы роста, непосредственно в мозге человека.

Улучшить деятельность мозга возможно также путем генной терапии и трансплантации клеток: искусственно выращенные клетки, производящие конкретные факторы роста, можно имплантировать в определенные области мозга человека. Также предлагается вводить в организм человека гены, кодирующие производство различных факторов роста, и вирусы, способные доставить эти гены до нужных клеток мозга.

Пока не ясно, какой из методов окажется наиболее перспективным. Исследования, проведенные на животных, показывают, что применение факторов роста может нарушить нормальное функционирование мозга. Процессы роста могут вызвать образование опухолей, а трансплантированные клетки — выйти из-под контроля и спровоцировать развитие рака. Такой риск может быть оправдан только при тяжелых формах болезни Гентингтона, Альцгеймера или Паркинсона.

Оптимальный способ стимулирования деятельности мозга — интенсивная интеллектуальная деятельность в сочетании со здоровым образом жизни: физическая нагрузка, хорошее питание и полноценный отдых. Экспериментально подтверждается и то, что на связи в мозге влияет окружающая среда. Возможно, когда-нибудь в жилых домах и офисах люди будут создавать и поддерживать специально обогащенную среду для улучшения функционирования мозга.

Если науке удастся понять механизмы самовосстановления нервной системы, то в скором будущем исследователи овладеют методами, позволяющими использовать собственные ресурсы мозга для его восстановления и совершенствования. ■

(В мире науки, № 12, 2003)



# МАРИХУАНА МОЗГА, ИЛИ НОВАЯ СИГНАЛЬНАЯ СИСТЕМА

Роджер Найколл и Бредли Элджер

Изучение природных соединений, имитирующих действие марихуаны, поможет исследователям не только понять природу боли, тревоги, фобий, но и разработать новые подходы к их лечению

**М**арихуана — вещество со сложной судьбой. У одних людей она ассоциируется с образом застывшего в свинцовом ступоре наркомана, у других — с приятной релаксацией, помогающей снять напряжение, у третьих — с надеждой избавиться от мучительной хронической боли. Каждый человек испытал на себе ее действие: наш головной мозг вырабатывает собственную «марихуану», т.е. химические соединения эндоканнабиноиды, обязанные своим названием конопле посевной (*Cannabis sativa*).

Изучение эндоканнабиноидов в последние годы привело к удивительным открытиям. Например, исследователи обнаружили в мозге совершенно новую сигнальную систему, о существовании которой еще 15 лет назад никто и не подозревал. Понимание механизмов ее деятельности может привести к разработке новых методов лечения тревоги, боли, тошноты, тучности, травм головного мозга и многих других нарушений.

## Бурное прошлое

Марихуана и ее разнообразные *alter ego* (банг, гашиш и др.) стали наиболее употребляемыми в мире психоактивными продуктами. В различных культурах коноплю и марихуану использовали по-разному. Несмотря на то что обезболивающие и психоактивные свойства марихуаны были хорошо известны в Древнем Китае, Греции и Риме, здесь коноплю выращивали в основном ради волокон для изготовления веревок и тканей. С этой же целью ее культивировали и в Древней Греции и Древнем Риме. Однако в других странах прежде всего ценились наркотические свойства марихуаны. Так, в Индии конопля была непременным атрибутом религиозных церемоний. В Средние века ее широко использовали в арабских странах, в XV в. в Ираке с ее

помощью лечили эпилепсию, а в Египте применяли как опьяняющее средство. В этом качестве ее начали использовать и европейцы после завоевания Египта Наполеоном. Во времена работорговли конопля попала из Африки в Мексику, на острова Карибского моря и в Южную Америку.

В США марихуану начали употреблять сравнительно недавно. Во второй половине XIX и в начале XX в. препараты из конопля, применявшиеся для лечения мигрени, язвы желудка и многих других заболеваний, продавались без ограничений. Благодаря мексиканским иммигрантам с ее наркотическими свойствами познакомилась жители Нового Орлеана и других крупных городов, где особую популярность она завоевала в среде джазовых музыкантов. В начале 1930-х гг. против «марихуановой дури» было проведено несколько мощных лоббистских кампаний, и в 1937 г. конгресс США, вопреки рекомендациям Американской медицинской ассоциации, принял закон, облагавший торговлю марихуаной такими высокими налогами, что ее использование фактически оказалось невыгодным. С тех пор в американском обществе она остается одним из самых «противоречивых» лекарственных препаратов. Несмотря на все попытки изменить юридический статус марихуаны, она (наряду с героином и ЛСД) продолжает фигурировать в федеральном перечне опасных и терапевтически бесполезных веществ.

Между тем марихуана, без сомнения, оказывает и благотворное терапевтическое воздействие. Она оказывает противосудорожное действие, облегчает боль, снимает тревогу, предотвращает гибель поврежденных нейронов, подавляет рвоту и усиливает аппетит, улучшая тем самым состояние раковых больных, страдающих значительной потерей веса вследствие химиотерапии.

### Каннабиноиды и их рецепторы

Исследователям потребовалось много времени, чтобы понять механизмы столь разнообразного воздействия марихуаны. В 1964 г. Рафаэл Мехулам (Raphael Mechoulam) из Еврейского университета в Иерусалиме установил, что соединением, ответственным за основное фармакологическое действие марихуаны, служит дельта-9-тетрагидроканнабинол (ТГК). Перед исследователями встала задача идентифицировать рецепторы, связывающие ТГК.

Рецепторы — белки, расположенные на поверхности всех клеток организма (в том числе и нейронов), способны распознавать специфические молекулы, связывать их и вызывать соответствующие изменения в клетке. Одни рецепторы снабжены заполненными водой порами (каналами), по которым ионы химических веществ проникают внутрь клеток или выходят из них наружу, изменяя величину электрических потенциалов внутри и снаружи клетки.

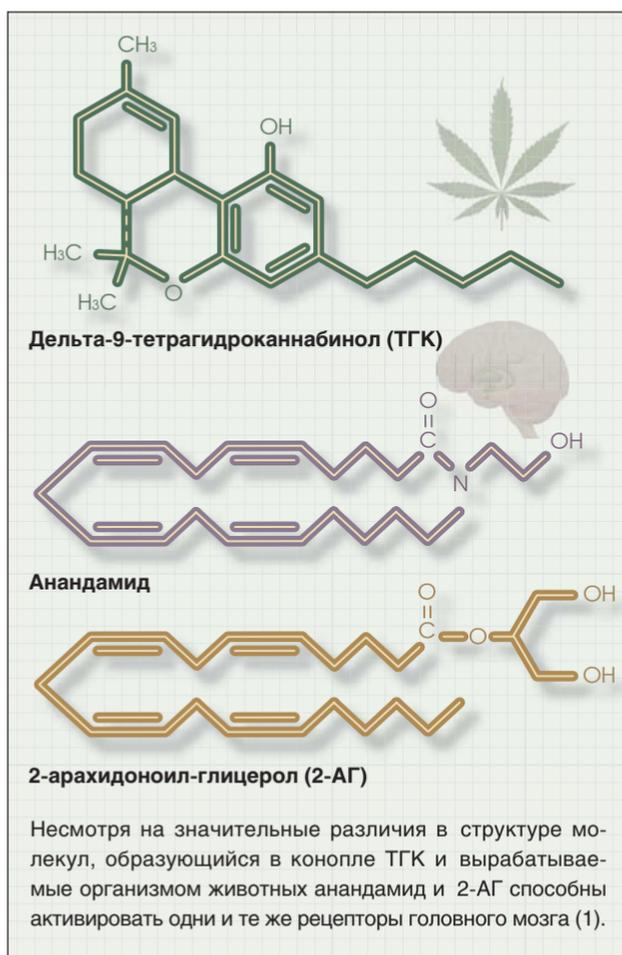
Рецепторы другого типа лишены ионных каналов, но сопряжены с особыми G-белками, активация которых вызывает в клетках сложные каскады сигнальных биохимических реакций, нередко приводящих к изменению проницаемости ионных каналов.

В 1988 г. исследователи из Университета в Сент-Луисе поместили радиоактивной меткой одно из химических производных ТГК. Они ввели его крысам и обнаружили, что оно взаимодействует с молекулярными структурами мозга, получившими название каннабиноидных рецепторов CB1. (Позднее были открыты каннабиноидные рецепторы другого типа, CB2, функционирующие за пределами головного и спинного мозга и связанные с иммунной системой.)

Вскоре было обнаружено, что CB1 — одни из самых многочисленных рецепторов мозга, сопряженных с G-белком. Наиболее высокая их

#### ОБЗОР: МАРИХУАНА ГОЛОВНОГО МОЗГА

- Марихуана влияет на поведение, воздействуя на рецепторы эндоканнабиноидов — соединений, вырабатываемых головным мозгом.
- Эндоканнабиноиды участвуют в регуляции боли, тревоги, аппетита, рвоты и некоторых других физиологических функций. Многообразие реакций, возникающих при употреблении марихуаны, можно объяснить широким спектром действия эндоканнабиноидов.
- По мнению ученых, создание препаратов, способных имитировать благотворное действие марихуаны, поможет в разработке новых подходов к лечению многих заболеваний.



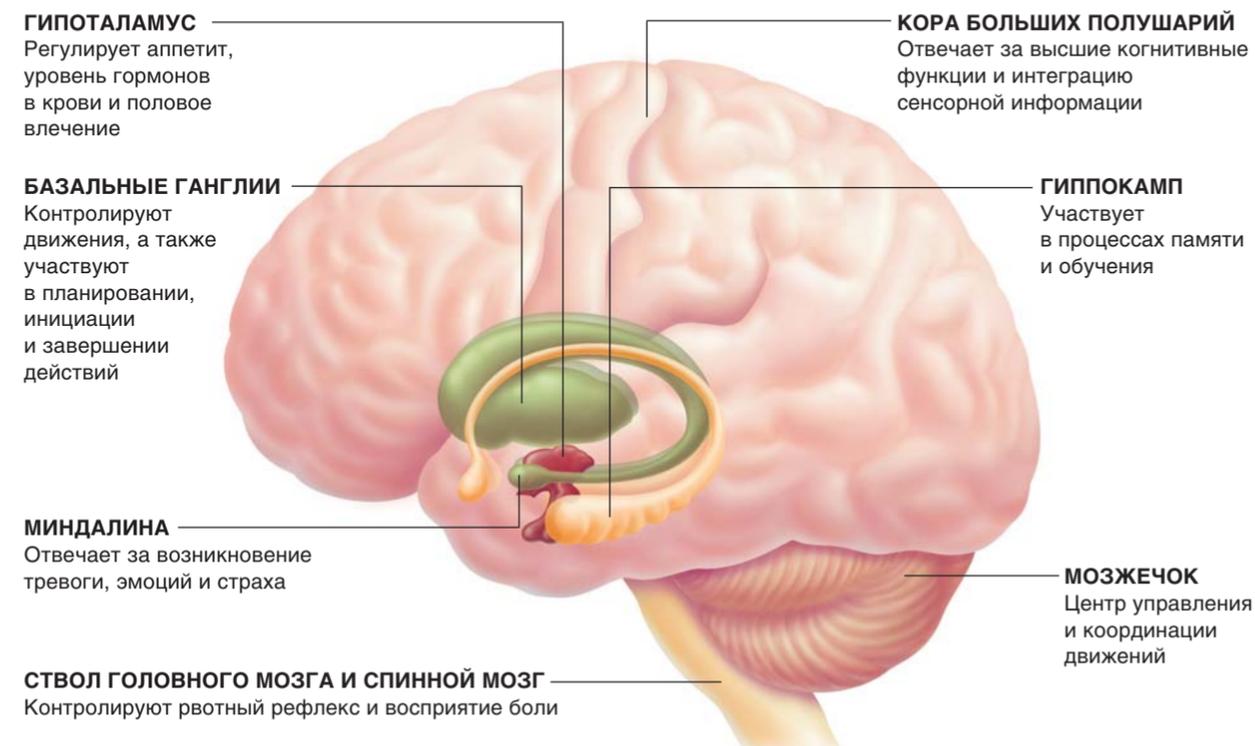
плотность выявлена в коре больших полушарий, гиппокампе, гипоталамусе, мозжечке, базальных ганглиях, мозговом стволе, спинном мозге и миндалине. Такое распределение CB1 хорошо объясняет многообразие действия марихуаны. Психоактивное воздействие вещества связано с его влиянием на кору больших полушарий. За ухудшение памяти у курильщиков марихуаны отвечает гиппокамп (мозговая структура, участвующая в формировании следов памяти). Нарушение двигательных функций развивается в результате воздействия марихуаны на мозговые центры двигательного контроля. В стволе мозга и спинном мозге она вызывает облегчение боли (ствол мозга, кроме того, контролирует рвотный рефлекс). Гипоталамус участвует в регуляции аппетита, а миндалина — эмоциональных реакций. Таким образом, разнообразие воздействия марихуаны связано с ее влиянием на основные структуры мозга.

Исследования показали, что каннабиноидные рецепторы встречаются лишь на нейронах определенного типа, причем их расположение носит

### МАРИХУАНА И ГОЛОВНОЙ МОЗГ

Марихуана, наркотическое вещество, получаемое из конопли посевной (*Cannabis sativa*), связывается рецепторами собственных каннабиноидов головного мозга во многих его отделах. Создание препаратов, способных

прицельно воздействовать на определенные структуры головного мозга, позволит избирательно корректировать те или иные физиологические функции.



весьма своеобразный характер. CB1 сосредоточены на нейронах, высвобождающих гамма-аминомасляную кислоту (ГАМК) — главный тормозный нейротрансмиттер головного мозга (под влиянием ГАМК нервные клетки прекращают генерировать электрические импульсы). Особенно плотно CB1 распределены около синапсов — области контакта двух нейронов. Такое расположение каннабиноидных рецепторов заставило исследователей предположить, что они участвуют в передаче нервных сигналов через ГАМК-синапсы.

#### Уроки опия

Зачем сигнальной системе головного мозга нужен рецептор, связывающий вещество растительного происхождения? Такой же вопрос возник и в 1970-е гг. в связи с морфином — соединением, получаемым из мака и связываемым в мозге опиатными рецепторами. Было обнаружено, что человеческий мозг вырабатывает собственные опиоиды — эндорфины и энкефалины, а морфин «оккупирует» рецепторы собственных опиоидов мозга.

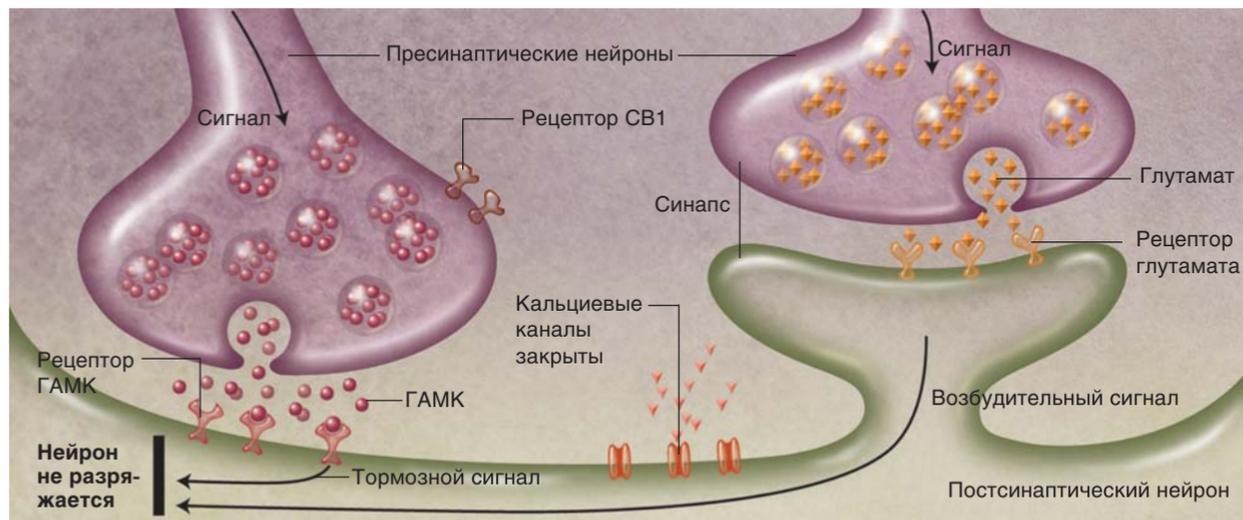
Исследователи предположили, что нечто похожее может происходить и с ТГК и каннабиноидными рецепторами. В 1992 г., спустя 28 лет после идентификации ТГК, Мехулам показал, что головной мозг вырабатывает жирную кислоту, которая способна связываться с рецепторами CB1 и имитировать действие марихуаны. Ученый назвал выявленное соединение анандамидом (от санскритского слова «ананда» — блаженство). Позднее был обнаружен еще один липид с такими же свойствами, 2-арахидоноил-глицерол (2-АГ), содержание которого в некоторых отделах головного мозга оказалось даже более высоким, чем анандамид. Эти два соединения и представляют собой главные эндогенные каннабиноиды головного мозга, или эндоканнабиноиды. Марихуана, обладая большим химическим сходством с эндоканнабиноидами, способна активировать каннабиноидные рецепторы мозга.

Обычные нейротрансмиттеры представляют собой растворимые в воде вещества, хранящиеся в крошечных пузырьках в тонких окончаниях

**МАРИХУАНА И ГОЛОВНОЙ МОЗГ**

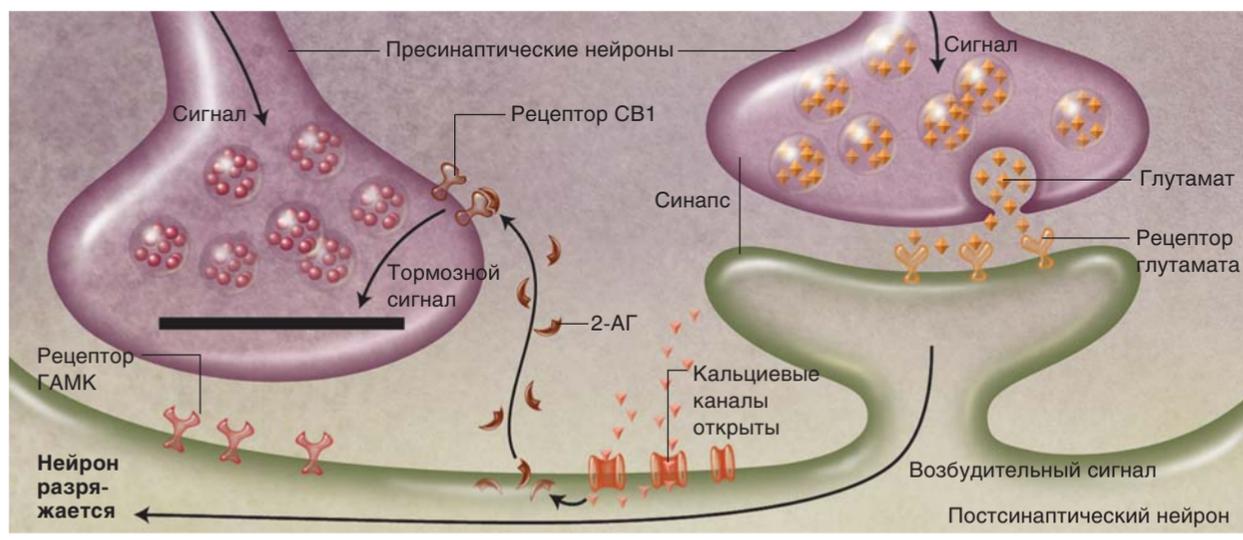
Исследователи обнаружили, что эндогенные каннабиноиды участвуют в ретроградной передаче нервных сигналов, т.е. в прежде не известном способе взаимодействия нервных клеток в головном мозге. Эндоканнабиноиды диффундируют не от пресинаптического к постсинаптическому нейрону,

а в обратном направлении. Эндоканнабиноид 2-АГ, высвобожденный постсинаптическим нейроном, может, например, заставить пресинаптический нейрон ослабить выброс тормозного нейротрансмиттера гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) к постсинаптической клетке.



Если ГАМК, выброшенная пресинаптическим нейроном, воздействует на пресинаптическую клетку одновременно с возбуждающим сигналом, опосредуемым, например, нейротрансмиттером глутаматом (вверху), то она может подавить импульсацию постсинаптического нейрона. Но когда изменение уровня кальция в постсинаптическом нейроне стимулирует выработку 2-АГ (внизу),

этот эндоканнабиноид начинает диффундировать к рецепторам CB1, находящимся на ГАМК-высвобождающей клетке. В результате выброс ГАМК прекращается, что позволяет возбуждающим сигналам активировать постсинаптический нейрон. Это явление получило название депрессии торможения, вызванной деполяризацией (*depolarization-induced suppression of inhibition, DSI*).



аксона (пресинаптических терминалях). Когда нейрон генерирует импульс, посылая по аксону электрический сигнал к пресинаптическим терминалям, нейротрансмиттеры высвобождаются из пузырьков, диффундируют через узкое меж-

клеточное пространство (синаптическую щель) и взаимодействуют с рецепторами на поверхности нейрона-реципиента (постсинаптического нейрона). Эндоканнабиноиды же представляют собой жиры, которые не накапливаются

в синаптических пузырьках, а быстро синтезируются из компонентов клеточной мембраны. При повышении уровня кальция в нейроне или активации определенных рецепторов, сопряженных с G-белком, они высвобождаются наружу из всех частей клеток.

Необычные нейротрансмиттеры каннабиноиды в течение многих лет оставались для ученых неразрешимой загадкой: было совершенно непонятно, какие функции они выполняют. Ответ на вопрос был получен в начале 1990-х гг. довольно неожиданным образом. Когда один из авторов этой статьи (Б. Элджер) изучал пирамидные нейроны гиппокампа, он наблюдал необычное явление. После кратковременного увеличения концентрации кальция внутри клеток тормозные сигналы, поступающие к ним от других нейронов в виде ГАМК, почему-то ослабевали.

С аналогичным явлением столкнулись и исследователи из лаборатории физиологии головного мозга Университета Рене Декарта в Париже, изучая нейроны мозжечка. Столь необычное поведение нервных клеток наводило на мысль, каким-то образом влияют на нейроны, посылающие сигналы. А ведь в начале 1990-х гг. нейрофизиологам было известно, что нервные сигналы в зрелом мозге передаются через синапсы только в одном направлении: от пресинаптического нейрона к постсинаптическому.

**Новая сигнальная система мозга**

Исследователи изучают депрессию торможения, вызванную деполяризацией (*depolarization-induced suppression of inhibition, DSI*). Они предположили, что для возникновения DSI из постсинаптического нейрона должен высвободиться какой-то неизвестный посредник, который достигает пресинаптического нейрона, выделяющего ГАМК, и подавляет ее высвобождение.

Такая ретроградная передача нервных сигналов до сих пор отмечалась только в развивающейся нервной системе. Если она участвует и во взаимодействии зрелых нейронов, не исключено, что она играет важную роль во многих процессах, происходящих в головном мозге. Ретроградная сигнализация, например, может облегчать те формы нейронной переработки информации, осуществление которых с помощью обычной синаптической передачи представляется проблематичным или вообще невозможным. Становится ясно, какую важную роль для нейрофизиологии имело выяснение природы

ретроградного сигнала. Но какие бы вещества ученые ни пробовали на роль его посредника, ни одно из них не оправдывало их ожиданий.

В 2001 г. было обнаружено, что всем критериям таинственного посредника отвечает один из эндоканнабиноидов (2-АГ). Исследователи выявили, что соединение, блокирующее каннабиноидные рецепторы на пресинаптической клетке, препятствует развитию DSI, и, наоборот, соединения, активирующие рецепторы CB1, имитируют это явление. Вскоре было показано, что у мышей, лишенных каннабиноидных рецепторов, никогда не возникает и DSI. Специалисты пришли к выводу, что рецепторы на пресинаптических терминалях ГАМК-нейронов предназначены для обнаружения каннабиноидов, высвобождающихся из мембран соседних постсинаптических клеток, и последующего с ними взаимодействия.

В скором времени стало ясно, что DSI — важный компонент деятельности мозга. Преходящая депрессия-торможение усиливает длительную потенциацию, т.е. процесс усиления синапсов, благодаря которому происходит запоминание информации. Запоминание и передачу информации нередко опосредуют небольшие группы нейронов, а не крупные нейронные популяции, и эндоканнабиноиды как нельзя лучше подходят для воздействия на небольшие ансамбли нервных клеток. Будучи жирорастворимыми соединениями, они не могут диффундировать в водной среде на какое-либо значительное расстояние, а эффективные механизмы поглощения и разрушения ограничивают их активность коротким интервалом времени. Таким образом, DSI представляет собой кратковременное локальное явление, позволяющее отдельным нейронам ненадолго отсоединиться от своих соседей и кодировать поступающую к ним информацию.

Последние открытия проливают свет на связь между нейрональным воздействием эндоканнабиноидов и их поведенческим и физиологическим действиями. Исследователи, изучающие физиологические механизмы тревоги, обычно вырабатывают у грызунов условно-рефлекторную связь между каким-нибудь раздражителем (сигналом) и фактором, вызывающим у животных страх. Во время такой процедуры нередко используется звук в сочетании с непродолжительным раздражением лапок грызуна слабым электрическим током. Через некоторое время, услышав звук, животное замирает в ожидании электрического удара. Если же звук раз за разом



Многие раковые больные (вверху) курят марихуану, пытаясь избавиться от тошноты, вызванной химиотерапией. Препараты, усиливающие или блокирующие действие собственных каннабиноидов мозга, могут использоваться для лечения самых разных расстройств и недугов.

#### ТРЕВОГА

Хроническая тревога и посттравматический стресс связаны с недостаточным количеством эндоканнабиноидных рецепторов или со слишком низкой выработкой эндоканнабиноидов в головном мозге. Для облегчения такого состояния ученые пытаются создать препараты, предотвращающие разрушение анандамида.

#### ТУЧНОСТЬ И РАССТРОЙСТВА АППЕТИТА

Противорвотный препарат дронабинал — каннабиноидное соединение, стимулирующее аппетит у больных с ослабленным иммунитетом. Исследователи предполагают, что его антагонисты (соединения, блокирующие каннабиноидные рецепторы) могут подавлять аппетит. Одно из таких соединений успешно прошло клинические испытания, однако, к сожалению, вызывало многочисленные побочные эффекты.

#### ТОШНОТА

В продаже уже имеется несколько препаратов (дронабинал, набилон и др.), напоминающих молекулярной структурой активный компонент марихуаны (ТГК) и снимающих тошноту, связанную с химиотерапией.

#### НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ

Дофамин (нейротрансмиттер, тесно связанный с чувством удовольствия и двигательным поведением) стимулирует высвобождение эндоканнабиноидов. Регулируя их активность в головном мозге, ученые пытаются разработать новые подходы к лечению болезни Паркинсона, наркомании и других расстройств, связанных с дофаминовой системой мозга.

#### БОЛЬ

В некоторых болевых центрах головного мозга выявлено повышенное содержание каннабиноидных рецепторов. Препараты, способные взаимодействовать с ними, могли бы облегчить хроническую боль.

фобиями и некоторыми формами хронической боли. Предположение подтверждается тем, что некоторые люди курят марихуану, чтобы снять тревогу. Кроме того, вполне вероятно, что синтетические аналоги эндоканнабиноидов могли бы помочь людям освободиться от неприятных воспоминаний, когда сигналы, которые они привыкли ассоциировать с болью и опасностью, приобретают в реальной жизни совершенно иное значение.

#### Новые терапевтические подходы

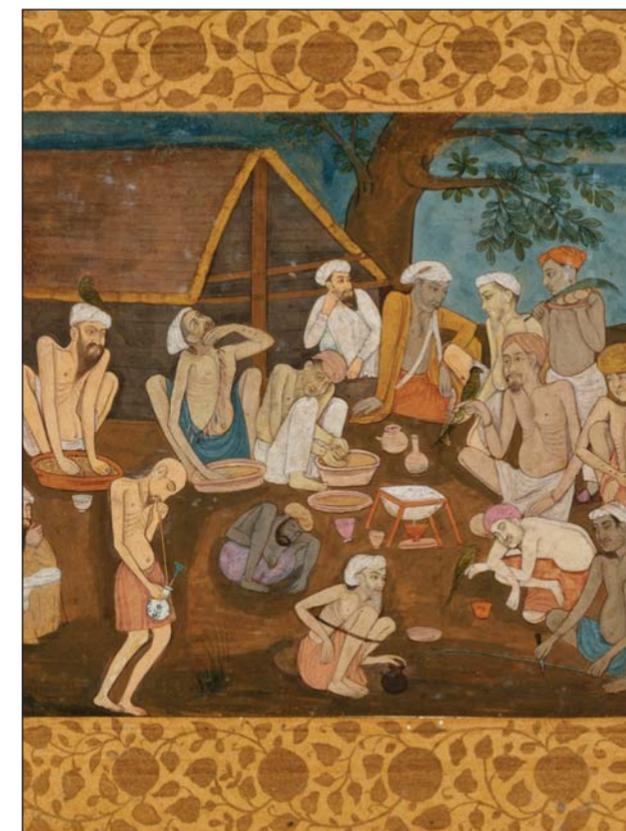
Несмотря на то что физиологическое воздействие собственной «марихуаны» мозга изучено еще недостаточно, исследователи уже задумываются над разработкой новых препаратов, основанных на использовании целебных свойств

конопли. В продаже уже имеются набилон, дронабинал и некоторые другие синтетические аналоги ТГК, которые устраняют тошноту, вызываемую химиотерапией, и улучшают аппетит у больных СПИДом. Другие каннабиноиды облегчают боль при многочисленных заболеваниях. Кроме того, один из антагонистов *CB1* (веществ, блокирующих и выводящих из строя эти рецепторы) хорошо проявил себя в ряде клинических испытаний при лечении тучности и ожирения. Однако эти лекарства не обладают специфичностью в отношении тех отделов мозга, деятельность которых нуждается в корректировке. Напротив, они воздействуют на самые разные мозговые структуры, вызывая головокружение, сонливость, рассеянность и расстройство мыслительной деятельности.

Проблему можно было бы решить, повысив роль эндогенных каннабиноидов организма. При этом их уровень можно было бы повышать только в тех отделах мозга, где они нужны в данный момент, что не вызывало бы побочных действий вследствие общей активации мозговых каннабиноидных рецепторов. В настоящее время разрабатываются препараты, препятствующие разрушению эндоканнабиноида анандамида после его высвобождения из нервных клеток. Чем медленнее будет разрушаться анандамид, тем продолжительнее окажется его успокаивающее действие.

В одних отделах мозга преобладающим эндоканнабиноидом служит анандамид, в других — 2-АГ. Изучение химических путей образования эндоканнабиноидов может привести к созданию препаратов, избирательно воздействующих на то или иное соединение. Известно также, что эндоканнабиноиды вырабатываются только в том случае, если нейроны разряжаются не одиночными импульсами, а сериями из 5–10 разрядов. Поэтому можно было бы разработать лекарственные средства, изменяющие характер импульсации нервных клеток, а следовательно, и интенсивность высвобождения эндоканнабиноидов. Ведь были же созданы противосудорожные препараты, подавляющие нейронную сверхактивность, связанную с развитием эпилептических припадков, но не влияющие на нормальную электрическую активность мозга.

Изучение действия марихуаны привело исследователей к открытию эндоканнабиноидов. Рецепторы *CB1*, похоже, имеются у всех позвоночных животных, а значит — биохимические и физиологические системы, использующие



Индийские факиры готовят банг и ганджу (рисунок середины XVIII в.). История марихуаны уходит корнями в глубь веков: первые упоминания о ее медицинском применении содержатся в древних китайских и египетских текстах. Идентификация активного компонента марихуаны, ТГК, привела к открытию собственной «марихуаны» головного мозга — эндоканнабиноидов.

собственные марихуаноподобные соединения мозга, существуют уже 500 млн. лет. За это время эндоканнабиноиды приспособились выполнять в организме многочисленные, подчас очень непростые функции. В последние годы нам стали понятны лишь некоторые из них. Эндоканнабиноиды не влияют на возникновение страха, но необходимы для его преодоления, они не воздействуют на способность принимать пищу, но изменяют аппетит и т.д. Их присутствие в структурах мозга, связанных со сложным двигательным поведением, мышлением, обучением и памятью, заставляет предположить, что эволюция наделила загадочных посредников головного мозга и многими другими замечательными свойствами. ■

(В мире науки, № 3, 2005)

# БИОХИМИЯ САМОУБИЙСТВА

Кэрл Эззел

Психиатры, физиологи и биохимики изучают вопрос, мучающий родных и близких всех жертв самоубийства

**В** 1994 г., спустя два дня после возвращения из счастливого семейного отпуска, моя 57-летняя мать приставила к груди дуло пистолета и выстрелила себе в сердце. Случилось это около полуночи в одну из июльских суббот, т.е. в то время года, когда, как я с удивлением узнала позже, в Северном полушарии происходит наибольшее количество самоубийств. Мой отчим был дома, но выстрела не слышал, потому что принимал душ. Когда он вернулся в спальню, мать, скорчившись, лежала на ковре. Она еще дышала и пыталась что-то сказать, но слов он не разобрал. Приехала неотложка, но медицинская помощь понадобилась не матери, а отчиму, который сам едва не умер той ночью от шока. А я в это время мирно спала в своей квартире за 300 км от места трагедии. В два часа ночи меня разбудил звонок консьержа, который сообщил, что внизу находится моя невестка, которая хочет подняться ко мне в квартиру. Первое, что я спросила у нее: «Что-то с матерью?..»

Такое горе выпало на долю не одной нашей семьи: в США каждый год добровольно уходят из жизни около 30 тыс. человек — всего в два раза меньше, чем число людей, погибших в 2002 г. от СПИДа. Почему люди решают свести счеты с жизнью?

Моя мать, как и 60–90% всех самоубийц, страдала психическим заболеванием. У нее был маниакально-депрессивный психоз (МДП), иначе называемый биполярным расстройством. Если такой больной не принимает лекарства, его состояние колеблется между приступами глубочайшего отчаяния и возбужденно-приподнятым настроением. Психиатры, физиологи и биохимики приступили к изучению поведенческих предвестников самоубийства и биохимических особенностей головного мозга самоубийц. Если такую предрасположенность удастся выявлять с помощью медицинских сканирующих устройств или анализа образцов крови, врачи научатся идентифицировать людей, предрасположенных к самоубийству, а быть может, и предотвращать трагедии. Увы, в ближайшем будущем эта цель недостижима: несмотря на активное вмешательство медиков,

множество людей с суицидальными наклонностями по-прежнему продолжают лишать себя жизни.

## Материнское наследство

Вопрос о том, что толкнуло мою мать на столь отчаянный поступок душевной июльской ночью, тяготит меня уже 9 лет. Не проходит и дня, чтобы меня не охватывало мучительное желание выяснить причины ее трагического ухода из жизни и острое чувство вины от того, что я не смогла ей помочь. Но тяжелее всего осознавать, что точного ответа на вопросы я не узнаю никогда.

Правда, в будущем кое-какие загадки наверняка разъяснятся. Похоже, близок к разгадке хоть один извечный вопрос: имеет ли склонность к самоубийству врожденную природу или же возникает в результате переживаний?

Большинство специалистов считают, что личный жизненный опыт, стресс и психологические факторы играют важную роль, однако склонность к суициду обусловлена и особенностями нервной системы.

Виктория Аранго (Victoria Arango) из Колумбийского медицинского центра и Джон Манн (J. John Mann) пытаются понять невропатологические механизмы суицидального поведения. В 25-ти морозильных камерах их лаборатории хранятся 200 образцов головного мозга самоубийц, над изучением нейроанатомических, биохимических и генетических характеристик которых они работают. Каждый экземпляр снабжен данными «психологической аутопсии» — записями разговоров с родными и близкими умершего, описывающими его психическое состояние и особенности поведения, которые могли привести к трагедии. Результаты исследования каждого образца сопоставляются с данными изучения головного мозга людей того же пола, не страдавших психическими расстройствами и умерших в том же возрасте по иным причинам.

Исследователи изучают префронтальную кору, расположенную в передней (лобной) части головного мозга, где локализованы исполнительные функции мозга — например внутренняя «цензура», удерживающая человека от высказывания своих



истинных мыслей в двусмысленных ситуациях. Ученых особенно интересует участие префронтальной коры в подавлении опасных побуждений. Связь между чрезмерной импульсивностью и самоубийствами была замечена еще несколько десятилетий назад. Несмотря на то что некоторые люди планируют свой уход из жизни очень тщательно (оставляют предсмертные записки, завещания и даже распоряжения относительно похорон), многие, как моя мать, совершают самоубийство спонтанно, повинуясь безрассудному порыву. Цель нейрофизиологов — найти биологический субстрат человеческой импульсивности. Как показали исследования, недостаток серотонина (одного из химических соединений головного мозга) каким-то образом связан с импульсивностью.

Серотонин — нейротрансмиттер, молекулы которого «перескакивают» через крошечные зазоры (синапсы) между нервными клетками (нейронами) и тем самым обеспечивают передачу нервного сигнала от одного нейрона к другому. Пресинаптический (посылающий сигнал) нейрон высвобождает серотонин в синаптическую щель в составе крошечных синаптических пузырьков. Рецепторы постсинаптического (получающего сигнал) нейрона связывают молекулы трансмиттера, что приводит к изменению способности данной клетки реагировать на другие раздражители. Затем пресинаптический нейрон с помощью особых белков-переносчиков, называемых также серотониновыми транспортерами, поглощает из синаптической щели остаток серотонина.

Серотонин каким-то образом оказывает успокаивающее влияние на психическое состояние человека. Воздействие прозак и ему подобных антидепрессантов объясняется связыванием их молекул с серотониновыми транспортерами, что не дает пресинаптическим нейронам слишком быстро поглощать остаток серотонина.

### Следы насилия

Последние исследования показывают, что пониженный уровень серотонина в головном мозге тесно связан с депрессией, агрессивным поведением и склонностью к совершению необдуманных поступков. В отношении суицидального поведения данные носят более противоречивый характер. Некоторые исследователи говорят, что обнаружили недостаток серотонина только в каком-то одном отделе головного мозга. Другие сообщают об увеличении количества серотониновых рецепторов или нарушении последовательности химических реакций, в результате которых серотониновый сигнал передается от рецепторов внутрь нейрона.

Как бы там ни было, полученные данные указывают на то, что с серотониновой системой головного мозга самоубийц что-то не в порядке.

Аранго и Манн, занимающиеся изучением образцов головного мозга в Колумбийском центре, сначала расчленили мозг на правое и левое полушария, а затем осторожно разрезают каждое полушарие на 10–12 частей. Из каждой предварительно замороженной части с помощью микротомы можно получить 160 срезов ткани толщиной с человеческий волос. Один и тот же срез исследователи подвергают различным биохимическим тестам, точно зная анатомическую локализацию всех выявляемых отклонений. Обобщение и сопоставление полученных данных позволяет построить общую модель взаимодействия аномалий в масштабе всего мозга и оценить их влияние на поведение человека.

В 2001 г. на конференции в американском Колледже нейропсихофармакологии Аранго сообщила, что у людей, страдавших депрессией и покончивших жизнь самоубийством, количество нейронов в орбитальной префронтальной коре (участки коры, расположенные непосредственно над глазами) было ниже нормы, содержание пресинаптических серотониновых транспортеров — в три раза ниже, а постсинаптических серотониновых рецепторов — на 30% больше, чем в контрольных образцах мозга.

Полученные данные позволяют предположить, что мозг самоубийц словно старается извлечь максимальную пользу от каждой молекулы серотонина — для этого он усиливает «молекулярное оснащение», предназначенное для усвоения нейротрансмиттера, и уменьшает количество транспортеров, ответственных за его поглощение пресинаптическими нейронами.

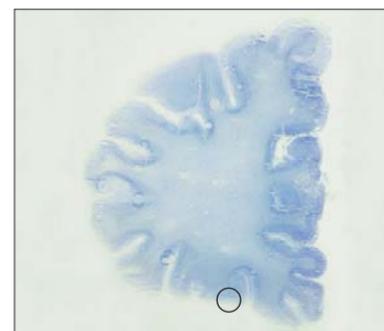
Таким образом, у самоубийц наблюдается недостаточность серотониновой системы головного мозга. Это болезненное состояние может зайти настолько далеко, что не помогает даже прозак. Подавления обратного всасывания серотонина нейронами иногда оказывается явно недостаточным для того, чтобы предотвратить самоубийство: так случилось и с моей матерью, которая ежедневно принимала по 40 мг препарата.

Манн утверждает, что обнаружил связь между активностью серотонина в префронтальной коре людей, пожелавших уйти из жизни, и потенциальной эффективностью этой попытки. У людей, стремившихся покончить жизнь самоубийством наиболее «действенным» способом (прием большого количества лекарств, прыжок с большой высоты и т.д.), активность серотонина в префронтальной

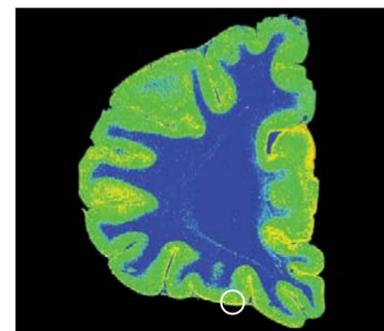
## БИОЛОГИЧЕСКИЙ СУБСТРАТ САМОУБИЙСТВА

### Изменения в орбитальной префронтальной коре

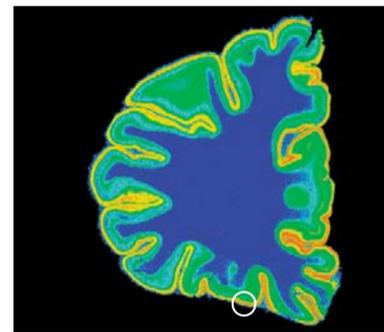
На срезах головного мозга видно, что орбитальная префронтальная кора (обведена кружком) мозга самоубийц содержит меньшее количество нейронов.



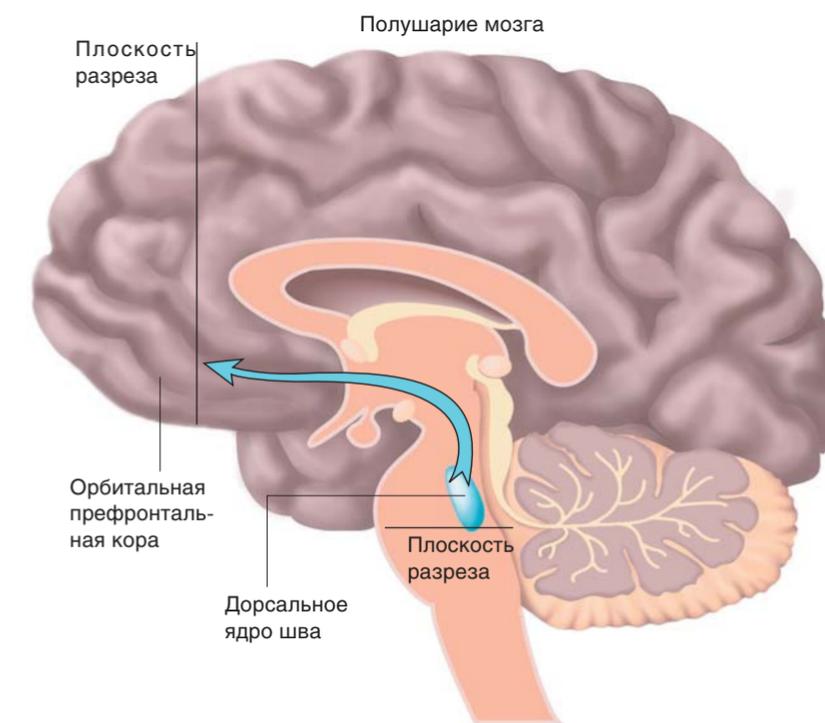
Серотониновые транспортеры (золотистый цвет) обеспечивают поглощение серотонина во всей массе коры. В участке коры, выделенной кружком, количество серотониновых транспортеров понижено.



В исследуемом участке коры (оранжевый цвет) обнаружено также повышенное связывание серотонина нейронами.



У людей, покончивших жизнь самоубийством, отмечаются анатомические и биохимические изменения в двух отделах головного мозга: в орбитальной префронтальной коре, расположенной над глазами, и в дорсальном ядре шва, находящемся в стволе мозга. Эти изменения указывают на снижение способности головного мозга к выработке и утилизации серотонина — нейротрансмиттера, недостаток которого характерен для мозга импульсивных или страдающих тяжелыми депрессиями людей. Серотонин вырабатывается нейронами дорсального ядра шва. По их длинным проекциям (синяя стрелка) он достигает орбитальной префронтальной коры. У жертв самоубийства дорсальное ядро шва снабжает орбитальную кору недостаточным количеством серотонина.



### Изменения в дорсальном ядре шва

У самоубийц нейроны дорсального ядра шва содержат большее количество фермента, ответственного за выработку серотонина (затененная область), чем соответствующий участок мозга человека, умершего по иной причине. Можно предположить, что головной мозг самоубийц содержит максимальное количество серотонина.



В США самоубийства — **одиннадцатая по значимости** причина смертности людей.

**Примерно каждые 18 минут** в США совершается одно самоубийство. Каждую минуту совершается попытка самоубийства.

Мужчины добровольно уходят из жизни **в 4 раза чаще, чем женщины**, но попытки самоубийств в два раза чаще совершают женщины.

**Суицид** — третья по значимости причина смертей среди подростков в возрасте от 10 до 19 лет.

**Частота самоубийств среди белых мужчин** в возрасте от 15 до 24 лет по сравнению с 1950 г. **возросла в три раза.**

В промежутке между 1980 и 1996 гг. частота самоубийств **среди афро-американских мужчин** в возрасте от 15 до 19 лет **увеличилась на 105%.**

Показатель самоубийств **среди белых мужчин старше 85 лет** в 6 раз выше, чем в общем по стране.

**Женщины** чаще всего **добровольно уходят из жизни** в возрасте между 45 и 54 годами и после 85 лет.

Примерно **30%** всех самоубийц **страдали алкоголизмом.**

**Каждый день** лишают себя жизни примерно **80 американцев.**

Ежегодно в США совершается **в два раза больше самоубийств,** чем убийств.

**Примерно 83%** случаев смертей от **огнестрельных ранений,** происходящих дома, — **результат самоубийства.**

В США **60%** всех самоубийств совершаются **с применением огнестрельного оружия.**

коре была самой низкой. Чем выше была гарантия летального исхода, тем сильнее была биохимическая аномалия.

Серотониновая гипотеза не исключает важной роли других нейротрансмиттеров. Серотонин — всего лишь одно из многочисленных звеньев сложнейшей сети, получившей название гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГНС), которая интегрирует деятельность головного мозга и желез внутренней секреции (надпочечников), а также отвечает за развитие у человека стрессовых реакций (например, учащение пульса и появление холодного пота у водителя автомобиля, едва избежавшего аварии). Механизмы развития таких реакций изучены в деталях. В стрессовых ситуациях гипоталамус вырабатывает особый фактор, заставляющий переднюю долю гипофиза высвобождать в кровь адренокортикотропный гормон, который, в свою очередь, стимулирует образование глюкокортикоидов (например, кортизола) надпочечниками. Кортизол вызывает увеличение концентрации сахара в крови, учащение сердечного ритма и подавление аллергических реакций, подготавливая тем самым организм к стрессу.

Серотонин влияет на деятельность ГГНС, изменяя порог ее реагирования на раздражители. Некоторые нейрофизиологи считают, что отрицательный опыт человека в раннем возрасте (связанный, например, с насилием) способен вывести ГГНС из строя: нарушить весь биохимизм головного мозга, увеличить восприимчивость к стрессу в последующей жизни, а следовательно, риск депрессии.

В 1995 г. исследователи из Университета штата Иллинойс сообщили, что нарушения серотониновой системы у людей, склонных к самоубийству, можно выявить с помощью относительно простого анализа крови. Сравнив количество серотониновых рецепторов на тромбоцитах (элементах крови, участвующих в свертывании) людей,

не страдающих психическими расстройствами, и пациентов с суицидальными наклонностями, исследователи обнаружили, что у последних таких рецепторов было гораздо больше. Чтобы подтвердить существование такой связи, они намереваются исследовать людей, повторяющих попытки самоубийства снова и снова. Специалисты стремятся выяснить, можно ли использовать тромбоциты для выявления людей с суицидальными наклонностями.

Современные подходы к лечению депрессии основаны на применении препаратов антидепрессантов, имеющих трициклическую структуру (т.н. старые) и новые селективные ингибиторы обратного захвата серотонина (флуоксетин, пароксетин, сертралин).

### Из поколения в поколение

Риск совершить самоубийство у людей, чьи родители предпринимали такие попытки, в 6 раз выше, чем у тех, чьи родственники о суициде никогда не помышляли. Отчасти склонность к суициду имеет генетическую природу, однако попытки выявить ген или гены, ответственные за предрасположенность к самоубийству, успехом не увенчались. В начале 1990-х гг. было установлено, что самоубийства совершают 13% однояйцевых близнецов, чьи братья или сестры покончили с собой, в то время как среди разнояйцевых близнецов этот показатель составляет всего 0,7%.

В моей спальне в небольшом кувшине хранится пуля, некогда лежавшая в одной коробке с пулей, убившей мою мать. Я сохранила этот холодный кусочек металла, чтобы всегда помнить, насколько хрупка наша жизнь и какие ужасные последствия может иметь всего лишь необдуманный поступок. Быть может, исследователям когда-нибудь удастся понять причины подобных поступков и освободить множество семей от их роковой участи. ■

(В мире науки, № 6, 2003)

### МАГИЯ ЛИТИЯ



Литий в чистом виде хранят в химически инертных жидкостях (слева). Капсулы с соединениями (карбонатом или цитратом) лития используют для стабилизации настроения людей, страдающих психическими расстройствами (справа).

Литий способен предотвращать самоубийства. Почему же его так редко принимают потенциальные самоубийцы?

По мнению многих специалистов, препараты лития имеют побочные действия. Они могут вызывать дрожание рук, неутолимую жажду, частые мочеиспускания, прибавку в весе, вялость, ухудшение двигательной координации и расстройство кратковременной памяти. Люди, принимающие эти лекарства, должны регулярно проверять содержание лития в крови. Если его концентрация в плазме крови ниже 0,6 ммоль/л, препарат не оказывает надлежащего действия, а если она превышает 2 ммоль/л, то вызывает опасные токсические явления.

Как правило, литий применяется для стабилизации психического состояния пациентов, страдающих маниакально-депрессивным психозом (МДП). Теперь врачи назначают его и людям, страдающим тяжелыми депрессиями. Стали появляться сообщения о том, что литий буквально спасает жизни людей, склонных к самоубийству. Было установлено, что люди, страдающие депрессией и не принимающие препараты лития, совершают самоубийства в 3–17 раз чаще, чем те, кто принимает. Кроме того, эти лекарства в 6–15 раз снижают частоту суицидальных попыток.

Чем же объясняется благотворное действие лития? Исследователи предполагают, что он влияет на проницаемость ионных каналов, которые открывают или преграждают доступ к ионам, определяющим величину электрического потенциала внутри клетки, а следовательно, влияют на характер ее активности и взаимодействие с другими нейронами. Литий стабилизирует возбудимость нейронов, влияя на состояние ионных каналов или изменяя

последовательность биохимических реакций, протекающих в возбужденных нервных клетках. Препараты лития действуют только в том случае, когда пациент принимает их регулярно. Однако многие отказываются от приема лекарства, жалуясь на

расстройства мыслительной деятельности, прибавки в весе и нарушения координации движений. Людям тяжело свыкнуться с мыслью о необходимости до конца жизни приспосабливаться к побочным действиям этих лекарств.



# МОЗГ НАРКОМАНА

Эрик Нестлер и Роберт Маленка

Злоупотребление наркотиками вызывает стойкие изменения в различных отделах мозга. Понимание клеточных и молекулярных механизмов адаптации поможет разработать новые методы лечения наркомании

**Б**елые дорожки порошка. Шприц и ложка. Таблетки. Многих наркоманов от одного только вида наркотика или даже предметов, ассоциирующихся с ним, бросает в дрожь от предвкушаемого удовольствия. После приема наступает ни с чем не сравнимое блаженство: по телу разливается тепло, все проблемы исчезают, и кажется, что вся Вселенная лежит у ваших ног. Однако после неоднократного употребления наркотика начинает происходить нечто непонятное.

Человеку, чтобы вновь почувствовать себя окрыленным, необходимо понюхать, проглотить или вколоть препарат. Если этого не сделать, начинается депрессия, а часто и физическое недомогание, в том числе ломка. Но начальной дозы уже не хватает, и постепенно развивается зависимость, человек теряет контроль над собой и испытывает непреодолимую тягу к наркотику. Вскоре пагубное пристрастие начинает сказываться на здоровье, финансовом состоянии и личной жизни.

Нейробиологам давно известно, что эйфория, наступающая под влиянием наркотических веществ, связана с их стимулирующим действием на мозговую систему вознаграждения. Система представляет собой сложную сеть нервных клеток (нейронов), вызывающую чувство удовольствия после еды или занятий сексом, т.е. форм активности, необходимых для выживания и продолжения рода. Стимуляция системы вознаграждения доставляет наслаждение и побуждает снова и снова прибегать к тем формам активности, которые его обеспечили.

Однако последние исследования показали, что постоянный прием наркотиков вызывает структурные и функциональные изменения нейронов системы вознаграждения, сохраняющиеся недели, месяцы и даже годы после прекращения употребления препаратов. Таким образом, с одной стороны, адаптации ослабляют положительные эмоции, возникающие при приеме наркотика, с другой — они усиливают болезненную тягу человека к наркотическому веществу. Понимание

молекулярных и клеточных механизмов действия наркотиков может привести к разработке новых методов лечения наркомании.

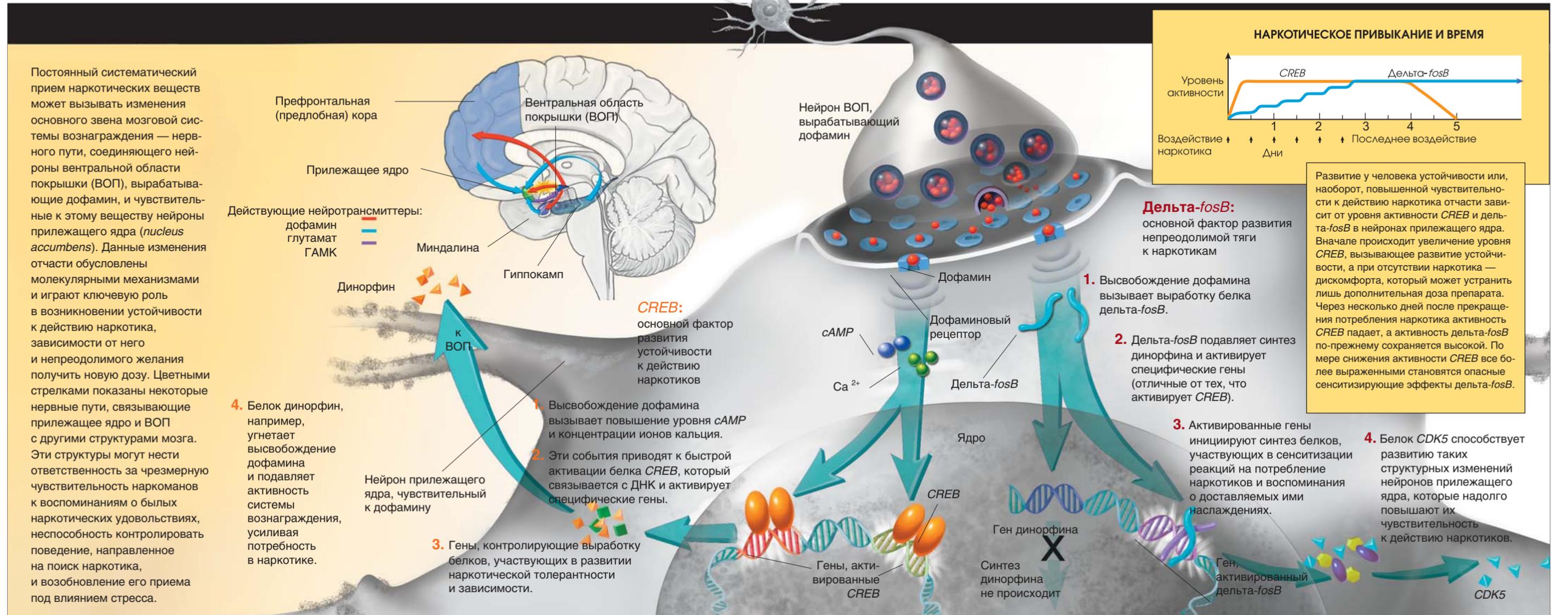
## Смертельное пристрастие

Привыкание людей к различным наркотическим воздействиям опосредуется одними и теми же механизмами — к такому выводу исследователи пришли в результате длительной экспериментальной работы, начавшейся 40 лет назад. Мышам, крысам и низшим приматам вводились внутривенно наиболее распространенные наркотические вещества. Когда наступало привыкание, животных обучали нехитрой процедуре: чтобы получить инъекцию наркотика, грызуны должны были нажать на один рычаг, чтобы получить «неинтересную» инъекцию физиологического раствора — на другой, а корм — на третий. Через несколько дней животные с удовольствием вводили себе кокаин, героин, амфетамин и другие вещества.

Обнаружилось, что отдельные особи злоупотребляли наркотиками в ущерб жизненно важным формам активности — например, еде и сну. Некоторые даже погибали от истощения. Чтобы получить очередную дозу кокаина, грызуны были готовы сотни раз нажимать на рычаг. Кроме того, они отдавали явное предпочтение обстановке, ассоциирующейся с наркотиком: например, держались по преимуществу в той части клетки, где могли получить вожденную дозу.

Если подача наркотика прекращалась, животное вскоре оставляло бесплодные попытки получить «химическое удовольствие». Но стоило крысе, в течение нескольких месяцев не получавшей кокаин, почуять его запах или даже оказаться в клетке, ассоциирующейся с наркотиком, она тут же начинала нажимать на заветный рычаг.

С помощью описанной методики внутривенного самовведения препаратов и некоторых других экспериментальных приемов исследователям удалось идентифицировать области головного мозга,



ответственные за развитие привыкания. Было показано, что на мозговую систему вознаграждения наркотические вещества оказывают более сильное и глубокое стимулирующее действие, нежели какие-либо естественные факторы вознаграждения.

Ключевым звеном мозговой системы вознаграждения является сеть мезолимбических дофаминовых нейронов — нервных клеток, расположенных в вентральной области покрышки (ВОП) у основания мозга и посылающих проекции в различные отделы передней части мозга, главным образом в прилежащее ядро (nucleus accumbens). Нейроны ВОП высвобождают из терминалей аксонов нейротрансмиттер дофамин, связывающийся с соответствующими рецепторами нейронов прилежащего ядра. Дофаминовый нервный путь из ВОП в прилежащее ядро играет важную роль в развитии наркотического привыкания: животные

с повреждением этих мозговых структур полностью утрачивают интерес к наркотикам.

**Реостат вознаграждения**

Система вознаграждения — эволюционно древнее образование мозга. У млекопитающих она устроена сложно и связана с областями мозга, придающими эмоциональную окраску ощущениям и направляющими поведение животных и человека на достижение вознаграждения, — пищевого, полового, социального и т.д. Миндалина, к примеру, помогает определить, было ли ощущение приятным или неприятным, и сформировать связи между ним и прочими факторами окружающей среды. Гиппокамп принимает участие в формировании памяти о событии (ощущении) — где, когда и при каких обстоятельствах оно произошло. Лобные области коры головного мозга перерабатывают и интегрируют

информацию, определяя окончательное поведение особи. А путь ВОП-прилежащее ядро тем временем действует как реостат вознаграждения: он сообщает другим мозговым центрам, в какой степени активность особи способствует достижению вознаграждения. Чем выше оценка, тем больше вероятность того, что организм запомнит данную форму активности и повторит ее впоследствии.

Несмотря на то что основные представления о деятельности мозговой системы вознаграждения сложились в результате экспериментов на животных, исследования, проведенные за последние 10 лет методами нейровизуализации, показали, что аналогичные нервные структуры контролируют поведение, связанное с естественным или наркотическим вознаграждением, и у человека. С помощью магнитно-резонансной и позитронной эмиссионной томографии было установлено, что

предложение понюхать кокаин вызывало у наркоманов рост нейронной активности в прилежащем ядре. Точно так же ядро (а кроме него — миндалина и некоторые области коры) отреагировало и на демонстрацию испытуемым видеоклипа, где кокаин нюхали другие люди. У заядлых игроков эти области мозга активизировались в ответ на предъявление фотографий игровых автоматов. Таким образом, можно предположить, что нервный путь ВОП-прилежащее ядро играет важную роль в развитии болезненного привыкания и ненаркотической зависимости.

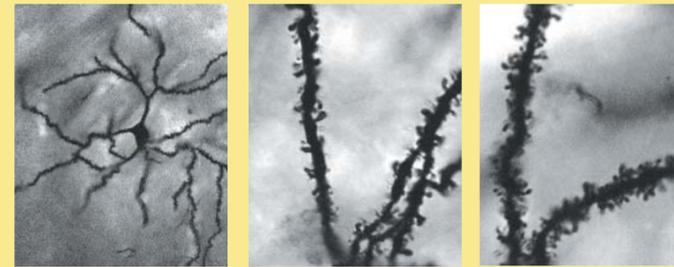
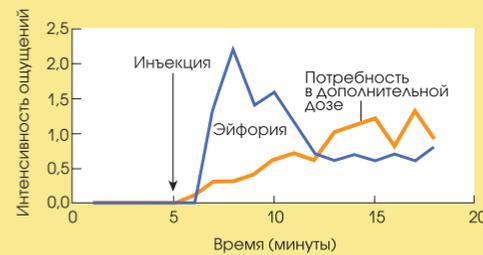
**Участие дофамина**

Почему на мозговую систему вознаграждения одинаково воздействуют кокаин, который, как известно, увеличивает частоту сердечного ритма, и героин, являющийся по сути дела обезболивающим

СКАНОГРАММЫ МОЗГОВЫХ СТРУКТУР



Томографические изображения мозга кокаинистов (справа) подтверждают результаты опытов на животных, свидетельствующие о том, что разовый прием наркотика может вызывать глубокие изменения нейронной активности в некоторых областях мозга. Области, в которых отмечается значительное увеличение нейронной активности после инъекции кокаина, окрашены в различные цвета (желтым цветом выделены структуры, где отмечаются наиболее выраженные изменения активности). Во время томографии испытуемые оценивали интенсивность вызванных наркотиком приятных ощущений и потребность в дополнительной дозе вещества. Сравнение отчетов со сканограммами показало, что в возникновении наркотической эйфории ключевую роль играет миндалина, а в потребности новой дозы наркотика — прилежащее ядро. По мере ослабления эйфории эта тяга усиливается (см. график).



Микрофотографии прилежащего ядра животных, находящихся под воздействием ненаркотических веществ: дендриты с обычным количеством шипиков — выростов, улавливающих нервные сигналы (слева и в центре). У животных, пристрастившихся к кокаину, шипиков на дендритах гораздо больше (справа). Ученые предполагают, что подобные перестройки повышают чувствительность нейронов к сигналам из ВОП и других структур мозга и таким образом повышают чувствительность к наркотикам. Как показывают последние исследования, определенную роль в образовании дополнительных дендритных шипиков играет дельта-*fosB*.

седативным средством? Причина ясна: прием всех наркотиков вызывает усиленный приток дофамина (а иногда и сигналов, имитирующих его действие) к прилежащему ядру.

Когда нейроны ВОП возбуждаются, они посылают по своим аксонам электрические сигналы к прилежащему ядру. Те, в свою очередь, стимулируют высвобождение дофамина из кончиков аксона в крошечное пространство — синаптическую щель, разделяющую аксонную терминаль и нейрон прилежащего ядра. Здесь дофамин связывается соответствующими рецепторами в мембране нейронов прилежащего ядра, и сигнал поступает внутрь клетки. Когда сигналы нужно «выключить», нейрон ВОП удаляет избыток дофамина из синаптической щели и сохраняет его в аксоне до тех пор, пока вновь не возникнет необходимость послать сигнал нейронам прилежащего ядра.

Кокаин и прочие наркотики-стимуляторы на какое-то время выводят из строя белок, транспортирующий дофамин из синаптической щели в аксонную терминаль нейрона ВОП. Таким образом, в синаптической щели остается избыток дофамина, продолжающий действовать на нейроны прилежащего ядра. Героин и другие опиаты ведут себя иначе. Они связываются с нейронами ВОП, ответственными за «отключение» других нейронов этой же области — тех, что высвобождают дофамин. Последние начинают бесконтрольно изливать избыточное количество дофамина на нейроны прилежащего ядра. Кроме того, опиаты, непосредственно воздействуя на прилежащее ядро, способны

порождать мощный сигнал вознаграждения. Однако действие наркотиков не ограничивается стимуляцией выброса дофамина, вызывающей эйфорию. Чтобы приспособиться к воздействию наркотиков, система вознаграждения постепенно изменяется — так возникает наркотическое привыкание.

**Привыкание**

На ранних стадиях потребления наркотиков у животных и людей развивается устойчивость к их воздействию и зависимость от них. Чтобы поднять настроение, наркоману каждый раз приходится незначительно увеличивать дозу препарата, что неизбежно порождает абстинентный синдром. Таким образом, систематическое употребление наркотиков подавляет отдельные звенья мозговой системы вознаграждения.

В описанном выше процессе участвует белок, связывающийся с *cAMP*-зависимым элементом (*cAMP response element-binding protein, CREB*). *CREB* представляет собой фактор транскрипции — белок, регулирующий экспрессию генов, а значит, и поведение нервных клеток в целом. Когда вводится наркотик, концентрация дофамина в прилежащем ядре повышается, что заставляет чувствительные к нему нервные клетки усиливать выработку циклического аденозинмонофосфата (*cAMP*) — вещества-посредника, активирующего *CREB*. Активированный *CREB* связывается со специфическими участками генов, инициируя синтез кодируемых белков. Но в подавлении мозговой системы вознаграждения участвует

не только *CREB*. Через несколько дней после прекращения приема наркотика этот фактор транскрипции инактивируется, поэтому действием *CREB* нельзя объяснить, например, изменения, заставляющие наркоманов возобновлять прием препаратов после многих лет и даже десятилетий воздержания. Рецидивы во многом обусловлены сенситизацией — усилением действия наркотиков.

Как ни парадоксально, но в отношении одного и того же препарата у человека и животного может развиваться как снижение восприимчивости организма к наркотику, так и сенситизация. Вскоре после приема наркотического вещества возрастает активность *CREB* и повышается устойчивость к его действию: в течение нескольких дней для стимуляции системы вознаграждения организму требуется все большее количество наркотического препарата. Но если его прием прекращается, активность *CREB* падает, в результате чего развивается сенситизация, порождающая потребность в наркотике. Неослабевающая тяга сохраняется даже после длительных периодов воздержания. Чтобы понять природу сенситизации, необходимо в первую очередь выяснить, какие молекулярные изменения могут сохраняться в течение периода, превышающего несколько дней. В голову тут же приходит мысль о другом факторе транскрипции — дельта-*fosB*.

**Наркотический срыв**

Дельта-*fosB* связан с развитием наркотического привыкания совсем иначе, нежели *CREB*. В опытах

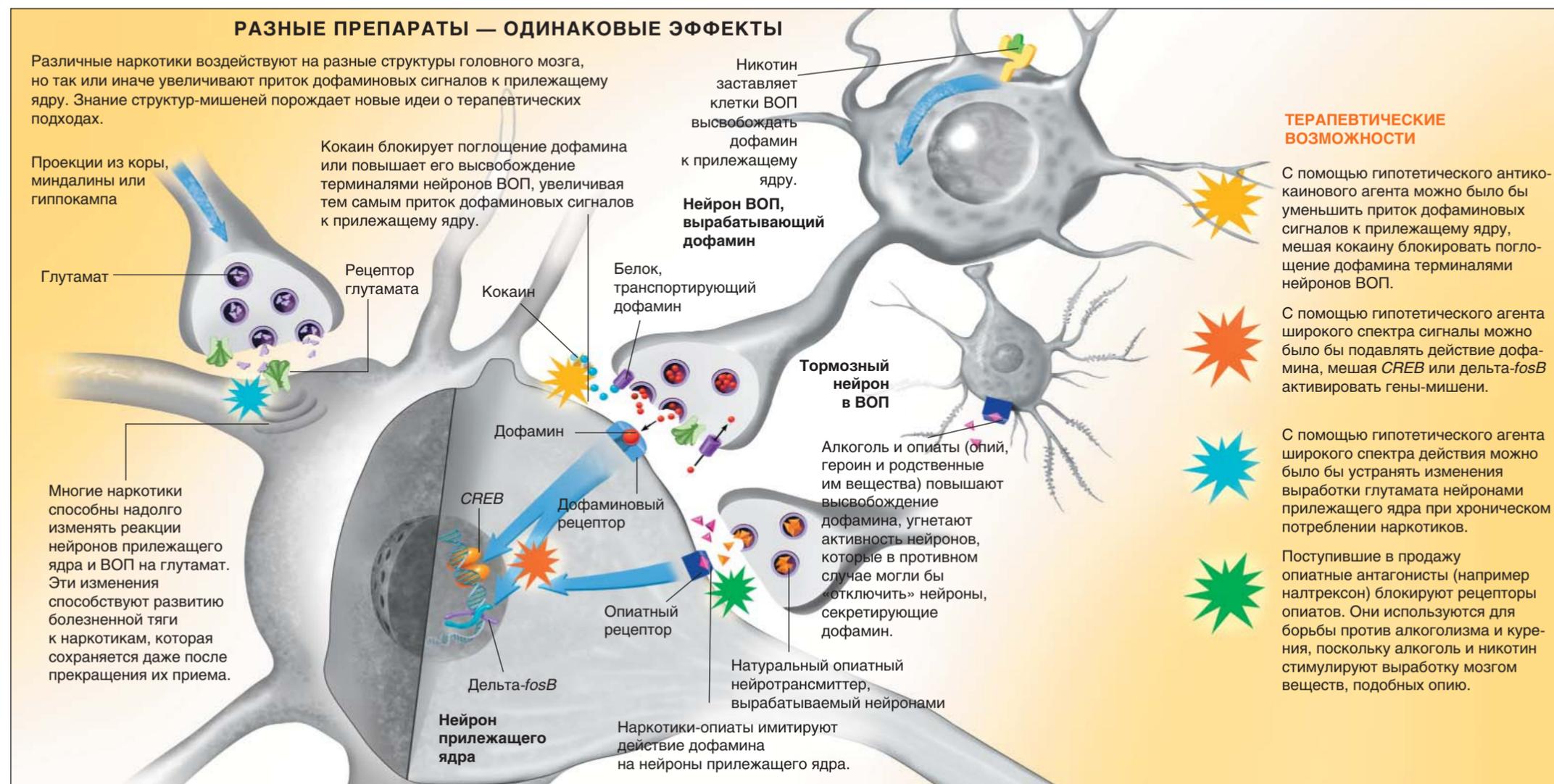
на мышках и крысах было показано, что постоянное систематическое потребление наркотиков приводит к постепенному и стабильному увеличению концентрации этого белка в прилежащем ядре и других структурах головного мозга. Кроме того, поскольку дельта-*fosB* отличается необычайной устойчивостью, он остается активным в нейронах данных структур спустя недели и месяцы после приема препаратов. Такая активность вполне могла бы позволить белку поддерживать изменения в экспрессии генов еще долгое время после прекращения приема наркотиков.

Как показывают исследования мутантных мышей с чрезмерной выработкой дельта-*fosB* в прилежащем ядре, грызуны сверхчувствительны к наркотикам. Они с необычайной легкостью возобновляли прием препарата после его длительной отмены. Интересно отметить, что дельта-*fosB* вырабатывался у экспериментальных мышей и в ответ на повторные вознаграждения ненаркотической природы (например, быстрый бег в беличьем колесе или потребление сахара). Таким образом, вполне вероятно, что дельта-*fosB* принимает участие в развитии привыкания к гораздо более широкому спектру удовольствий, чем наркотические препараты.

Недавние исследования позволяют объяснить длительную сохранность сенситизации после возвращения концентрации дельта-*fosB* в норму. Известно, что постоянное систематическое воздействие кокаина и других наркотиков приводит к тому, что на дендритах нейронов прилежащего ядра образуются дополнительные шипики, с помощью которых клетка контактирует с другими нейронами. У грызунов такой процесс может продолжаться в течение нескольких месяцев после отмены наркотика. Можно предположить, что ответственность за образование дополнительных дендритных шипиков несет дельта-*fosB*.

**Участие глутамата**

До сих пор речь шла только об изменениях в мозговой системе вознаграждения, связанных с дофаминовым обменом. Однако в развитии наркотического привыкания принимают участие и другие структуры — миндалины, гиппокамп и лобная кора. Все они взаимодействуют с системой вознаграждения (ВОП и прилежащее ядро), высвобождая нейротрансмиттер глутамат. Как было установлено в опытах на животных, наркотики вызывают изменение чувствительности к глутамату системы вознаграждения, повышают как высвобождение дофамина из ВОП, так и чувствительность к дофамину прилежащего ядра. В результате увеличивается активность *CREB* и дельта-*fosB*.



способных корректировать аномальные реакции людей на стимулы-вознаграждения (будь то кокаин, пирожные или игровой автомат), могла бы принести обществу огромную пользу.

Лечение наркомании современными методами в большинстве случаев оказывается неэффективным. Существуют лекарства, не позволяющие наркотику достичь соответствующей структуры мозга, однако они не вызывают ни нормализации мозгового биохимизма пациента, ни ослабления его тяги к наркотику. Другие препараты имитируют действие наркотиков и дают человеку время отвыкнуть от пагубного пристрастия. Но их использование чревато тем, что пациент может поменять одну привычку на другую, хотя многим помогают немедикаментозные реабилитационные программы. Однако значительный процент их участников через какое-то время возобновляет прием наркотиков.

Существует надежда, что в будущем, раскрыв биологические механизмы наркотического привыкания, исследователи преуспеют в создании лекарств нового поколения. Вырвать человека из смертоносных объятий наркотиков помогут соединения, способные специфически реагировать с рецепторами глутамата или дофамина в прилежащем ядре, или вещества, мешающие *CREB* или дельта-*fosB* воздействовать на соответствующие гены в этой структуре головного мозга.

Кроме того, необходимо научиться распознавать людей, склонных к злоупотреблению наркотиками. Несмотря на то что в развитии привычки огромную роль играют психологические, эмоциональные, социальные и средовые факторы, статистические исследования показывают, что риск пристраститься к наркотику на 50% обусловлен генами. Эти гены пока не идентифицированы, но если ученые научатся диагностировать наркотическую предрасположенность в раннем возрасте, людям, входящим в группу риска, может быть оказана своевременная помощь.

Если учесть все обстоятельства, вряд ли когда-либо появятся препараты, способные обеспечить полное лечение этого синдрома. Только полный отказ от применения наркотиков способен обеспечить жизнь человеку. Это можно сделать только на ранней стадии их применения при определенной силе воли субъекта и помощи реабилитационных программ. Однако можно надеяться, что новые терапевтические подходы позволят ослабить его биологическую составляющую (наркотическую зависимость) и откроют новые возможности для физической и психической реабилитации больных психосоциальными методами. ■

(В мире науки, № 6, 2004)

Кратковременные стимулы определенного типа могут повышать реакции нейронов гиппокампа на глутамат. Явление, получившее название долговременной потенциации, лежит в основе образования следа памяти и, по-видимому, опосредован перемещением некоторых рецепторов глутамата в мембраны нервных клеток, где они начинают реагировать на глутамат, высвобождаемый в синаптические щели. Наркотики влияют на включение глутаматных рецепторов в мозговую систему вознаграждения, а также воздействуют и на синтез некоторых из них.

В совокупности все эти изменения мозговой системы вознаграждения приводят к развитию устойчивой реакции организма на действие наркотических препаратов, зависимости от них и сложных форм поведения, связанных с их поиском. Многие аспекты таких сдвигов до сих пор остаются для исследователей загадкой, но механизмы

некоторых процессов уже досконально изучены. Во время длительного потребления наркотиков и в течение короткого срока после прекращения его приема отмечается изменение концентрации cAMP и активности *CREB* в мозговой системе вознаграждения. Это обуславливает рост толерантности к наркотику и зависимости от него и одновременное снижение восприимчивости человека к препарату, что ввергает наркомана в депрессию и апатию. Длительное воздержание от потребления наркотика приводит к изменению активности белка дельта-*fosB* и глутаматных систем мозга. Такие перемены повышают чувствительность наркомана к действию наркотика, когда по прошествии длительного времени он пробует его снова, и порождают у него сильные эмоциональные реакции как при воспоминаниях о былых наслаждениях, так и при воздействии внешних факторов, воскрешающих эти воспоминания.

### Общие терапевтические подходы

Понимание молекулярных механизмов, стоящих за развитием наркотического привыкания, открывает новые перспективы для медикаментозной терапии. Злоупотребление наркотиками наносит серьезный вред физическому и психическому состоянию людей и служит одной из главных причин заболеваний внутренних органов. Среди алкоголиков очень высок риск цирроза печени, среди курильщиков — рака легких, среди наркоманов, пользующихся общими шприцами, — СПИДа. Экономический ущерб от злоупотребления наркотическими веществами в США ежегодно составляет более \$ 300 млрд. Если же расширить понятие «наркомания» и включить в него другие формы патологически навязчивого поведения (например, обжорство и азартные игры), цифра станет неизмеримо выше. Таким образом, разработка терапевтических подходов,

# ВИАГРА ДЛЯ МОЗГА

Стивен Холл

Нейробиологи интенсивно изучают препараты нового поколения, предназначенные для улучшения памяти и умственной деятельности.

Между тем в обществе развернулась шумная дискуссия по поводу их возможного использования здоровыми людьми

**Х**олодным апрельским днем мы с Тимом Талли (Tim Tully), находясь в лаборатории, попытались заглянуть в будущее человеческой памяти и мышления. Капризная весенняя стихия заметала снегом раскинувшийся за окном Лонг-Айленд. Снегопад неожиданно напомнил мне далекие зимы на Среднем Западе, где мы с приятелем провели свое детство. Могучая сила памяти и стала вдохновителем грядущей революции в нейрофармакологии.

Тим Талли — нейробиолог и основатель компании *Helicon Therapeutics* — один из главных разработчиков нового класса препаратов, способных улучшать частично утраченную память. Лекарства появились на свет в результате сложнейших исследований одной из самых загадочных и удивительных способностей нашего мозга, благодаря которой мы помним и снегопады 30-летней давности, и место, где 30 минут назад оставили машину.

Тем памятным апрельским днем мы с Тимом стояли у экспериментального ящика, в котором лабораторная мышь решала хитроумную задачу под названием «Обучение распознаванию предметов». Мой коллега объяснил мне, что накануне зверька помещали в ящик, где находились два причудливых шишковидных предмета, различавшихся обонятельными, тактильными и другими сенсорными характеристиками. Мышь исследовала окружение в течение 15 минут и запомнила его настолько хорошо, что на следующий день сразу же обнаруживает любое ничтожное изменение. А вот грызуну, которому на ознакомление с ящиком отводили всего 3,5 минуты, времени на долговременное запоминание обстановки не хватило.

Наша мышь должна была научиться распознавать предметы за 3,5 минуты. Но Талли решил продемонстрировать мне этот опыт потому, что предварительно зверьку был введен некий

фармакологический препарат. Торопливо, подобно спортивному комментатору, он описывал ход событий, когда внимание мыши надолго приковал к себе новый предмет в ящике. «Вот, она приближается к нему. Обходит. Залезает наверх. И при этом не обращает внимания на знакомый объект», — пояснил ученый. Мышь на самом деле обнюхивала и кружилась исключительно вокруг нового предмета, полностью игнорируя старый, который она обследовала накануне.

Для проявления столь пристального любопытства зверек должен был запомнить предметы, находившиеся в ящике днем раньше, что требует формирования долговременной памяти. Несмотря на то что в результате многолетней экспериментальной работы было установлено, что мыши, как правило, не обнаруживают каких-либо изменений в течение 3,5 минут, наша справилась с задачей без труда. Это произошло благодаря стимулятору памяти, известному под аббревиатурой *CREB*.

Сегодня главные «потребители» новейших фармакологических лекарств — «мыши-эрудиты» и «крысы-интеллектуалы». На них и апробируются вещества, которые, возможно, смогут стимулировать умственную деятельность человека, улучшать память у больных нейродегенеративными заболеваниями и у жертв инсульта, а также у людей с задержкой психического развития. Потенциальный рынок таких препаратов поистине огромен. Только в США 4 млн. человек страдает болезнью Альцгеймера, у 12 млн. отмечается расстройство, известное под названием «слабо выраженное ухудшение когнитивных функций» (нередко оно предшествует развитию болезни Альцгеймера), а у 76 млн. человек старше 50 лет наблюдается забывчивость и более серьезные формы ухудшения памяти. Препараты гинкго двуплостного ежегодно продаются в США на сумму более \$1 млрд. (при том, что почти нет никаких



доказательств того, что это растение улучшает память). Объем продаж этого лекарственного препарата в Германии превышает объем продаж всех ингибиторов ацетилхолинэстеразы, используемых для приостановки процесса ухудшения памяти при болезни Альцгеймера, включая донепезил (*Aricep*), ривастигмин (*Exelon*) и галантамин (*Reminyl*).

Несмотря на непрекращающийся поток информации о грядущей революции в создании препаратов, образно названных одним журналом «виагрой для мозга», вряд ли можно в ближайшем будущем ожидать их появления на рынке. Компания *Cortex Pharmaceuticals* разработала новый класс стимуляторов памяти под названием ампакины, предположительно увеличивающих уровень нейротрансмиттера глутамата в нервной ткани. Сегодня проверяется их эффективность при лечении болезни Альцгеймера, слабо выраженном ухудшении когнитивных функций и шизофрении.

Число подобных предложений и исследований неуклонно растет. В начале 2004 г. начнут тестироваться лекарства для улучшения памяти, созданные в компаниях *Helicon Therapeutics* и *Memory Pharmaceuticals*. Нью-йоркская фирма *Ахонух* вплотную занялась проверкой своего препарата фензерина — мощного ингибитора ацетилхолинэстеразы, предназначенного для лечения болезни Альцгеймера. Нейробиологи из Принстонского университета предложили компании *Eurekal Pharmaceuticals* из Сан-Франциско, сотрудничающей с учеными из Шанхая, заняться разработкой препаратов, которые сочетали бы достижения современной генетики со свойствами лекарств, применявшихся в древнекитайском траволечении.

Несмотря на то что большинство препаратов нового поколения не скоро получают официальное

одобрение властей, их возможное использование уже вызвало сильный общественный резонанс. Глава Президентского совета по биоэтике, философ-моралист Леон Касс (*Leon R. Kass*) считает, что «в тех областях человеческой жизни, где люди до сих пор достигали успехов исключительно благодаря дисциплине и самоотдаче, достижения, полученные с помощью таблеток, генной инженерии или технических трансплантатов, отдают мошенничеством или дешевицей».

С другой стороны, потребление «стимуляторов умственной деятельности» стало неотъемлемой частью нашего образа жизни с тех пор, как люди начали пить кофе. Если же новым «активаторам мозга» и впрямь суждено стать «мозговой виагрой» и занять свое место в нашей повседневной жизни, то возникает закономерный вопрос: как такое может произойти и насколько широким может стать их употребление? Вспомним историю предшествующих поколений «психомоторных стимуляторов», получивших в свое время официальное одобрение властей: метилфенидата (другие названия — меридил, риталин и т.д.), донепезила и модафинила, которые были разработаны исключительно в терапевтических целях. Сегодня эти препараты принимают многие здоровые люди, надеющиеся увеличить умственную работоспособность. Они свято верят в их чудодейственные свойства, несмотря на то что научных доказательств этого почти не найдено. Как замечают некоторые специалисты, силой своего «стимулирующего» действия эти лекарства ничем не отличаются от продуктов, составляющих наш обычный завтрак.

### Непобедимый кофеин

Исследователи из военных ведомств уже долгие годы ведут поиск средств для стимуляции когнитивных функций мозга. Нэнси Уэзенстен (*Nancy Jo Wesensten*) из Военного научно-исследовательского института Уолтера Рида занимается разработкой фармакологических препаратов для повышения уровня бодрствования (а значит, и боевой готовности) солдат, вынужденных в течение длительного времени обходиться без сна. В июле 1998 г. она случайно остановилась у стенда биотехнологической компании *Cephalon* и разговорилась с ее торговым представителем. В то время фирма как раз ожидала разрешения Управления по контролю за качеством продуктами питания и лекарствами (*FDA*) США на клиническое использование препарата под международным названием модафинил. Под патентованным названием провигил средство применяется для

лечения нарколепсии — глубокой дневной сонливости, от которой страдают более 125 тыс. американцев. Когда стало ясно, что модафинил вполне мог бы найти применение в армии США, фирма *Cephecon* предоставила его для исследований в военных целях.

Описанные события происходили без малого десять лет назад. В декабре 1998 г. *FDA* разрешило продажу модафинила как средства для лечения нарколепсии, и сегодня этот препарат ежегодно производится на сумму более \$200 млн., что, по мнению некоторых специалистов, гораздо больше, чем необходимо проживающим в США нарколептикам. Психиатры тоннами назначают его пациентам для поднятия настроения. По сути дела, модафинил превратился в средство стимуляции умственной деятельности, уменьшения потребности во сне, лечения депрессии, рассеянного склероза и повышения работоспособности.

Но вернемся к исследованиям Нэнси Уэзенстен. Ее заинтересовало, имеет ли модафинил какие-нибудь преимущества перед кофеином, который весьма успешно борется с бессонницей и ее последствиями. Кроме того, препарат доступен для широких слоев населения и почти не имеет побочных эффектов. Уэзенстен провела испытание на 50 добровольцах, остававшихся в бодрствующем состоянии в течение 54 часов. Спустя 40 часов после начала эксперимента они получали плацебо, 600 мг кофеина (доза, эквивалентная шести чашкам крепкого кофе) или одну из трех доз модафинила (100, 200 или 400 мг) и затем выполняли серию тестов, предназначенных для оценки умственной деятельности и выраженности побочных эффектов препаратов.

В наиболее высоких дозах (400 мг) модафинил успешно снимал усталость и восстанавливал умственную деятельность. Но точно такое же действие оказывал и кофеин. Побочные эффекты модафинила (как и кофеина) были очень незначительными. Ученые считают, что нет никаких оснований для использования модафинила вместо кофеина, т.к. по своему воздействию вещества почти не различаются.

Использование амфетаминов в качестве «пилюль боеготовности» для летчиков было разрешено еще во время Второй мировой войны. В 1993 г. ученые установили, что декстроамфетамин почти полностью восстанавливает работоспособность пилотов, проводивших 40 часов без сна. Позднее они сравнили стимулирующее воздействие модафинила и декстроамфетамина и их влияние на работоспособность военных, подвергавшихся вынужденной длительной бессоннице. Модафинил



Тим Талли, основатель компании *Helicon Therapeutics*, демонстрирует мышь, на которой испытываются препараты для улучшения памяти

снимал усталость и восстанавливал когнитивные функции мозга, но у некоторых испытуемых вызывал тошноту. Исследователи полагают, что в конце концов модафинил найдет применение и получит официальное одобрение на использование в качестве лекарства, но не заменит испытанную «пилюлю боеготовности». Декстроамфетамин прошел множество лабораторных испытаний и вот уже полвека отлично проявляет себя в боевых ситуациях. А модафинил пока остается темной лошадкой.

### Модафинил, риталин, донепезил...

Модафинил — один из препаратов, имеющих многочисленных поклонников среди здоровых людей. О том, какую чудодейственную помощь

#### ОБЗОР: НОВАЯ ЭРА НЕЙРОФАРМАКОЛОГИИ

- Грядущая революция в нейрофармакологии приведет к появлению препаратов, способных улучшать память у пациентов с нарушениями этой функции мозга вследствие болезней, а также стимулировать умственную деятельность здоровых людей.
- Не исключено, что прием новых лекарств здоровыми гражданами позволит им сократить время сна, увеличить работоспособность и почувствовать прилив сил.
- Несмотря на то что применение «стимуляторов мышления» нового поколения начнется не скоро, их появление уже вызвало общественный резонанс.

в учебе оказывает студентам риталин, ходят легенды. Лекарство обычно назначается гиперактивным детям с нарушенной способностью к концентрации внимания. Однако пристрастилась к нему и учащаяся молодежь, и бизнесмены.

Воздействие риталина и подобных ему препаратов на здоровых людей изучалось мало. Но по меньшей мере в одном исследовании было показано, что продолжительный прием одного из «психостимуляторов» реально улучшает умственную деятельность. В июле 2002 г. специалисты из Стэнфордского университета в своей статье рассказали о влиянии донепезила на профессиональные навыки летчиков. Донепезил (патентованное название — арисепт, *Aricept*) — один из многочисленных препаратов, получивших одобрение FDA в качестве средства для приостановки прогрессирующей потери памяти при болезни Альцгеймера. Две группы летчиков обучались выполнять ряд заданий в пилотажном имитаторе. Затем в течение 30 дней испытуемые из одной группы получали плацебо, а из другой — донепезил в дозе 5 мг в день (меньше, чем обычная терапевтическая доза лекарства). После чего летчики из обеих групп вновь подвергались хитроумным испытаниям в кабине тренажера.

Пилоты должны были выполнять сложнейшие «воздушные» маневры и одновременно реагировать на периодически возникающие чрезвычайные ситуации (например, резкое изменение показаний приборов, указывающее на падение давления масла). Спустя месяц летчики, получившие донепезил, справлялись с тестовыми заданиями значительно лучше, чем испытуемые контрольной группы (особенно в тех случаях, когда задание было связано с «посадкой самолета» или неожиданными сбоями в работе систем управления). По мнению исследователей, если окажется, что полноценные в интеллектуальном отношении люди смогут улучшать свои умственные способности с помощью химических препаратов, то могут возникнуть серьезные правовые, административные и этические вопросы. И если пророчество сбывается в отношении донепезила, модафинила и прочих лекарственных средств, оно коснется и «умных пилюль» нового поколения, которые создаются не благодаря случайным научным открытиям, а в результате мощной и целенаправленной атаки человеческой памяти.

**Умопомрачительная память**

Когда президент фармацевтической компании *Memory Pharmaceuticals* показывал мне свои раскинувшиеся на севере штата Нью-Джерси

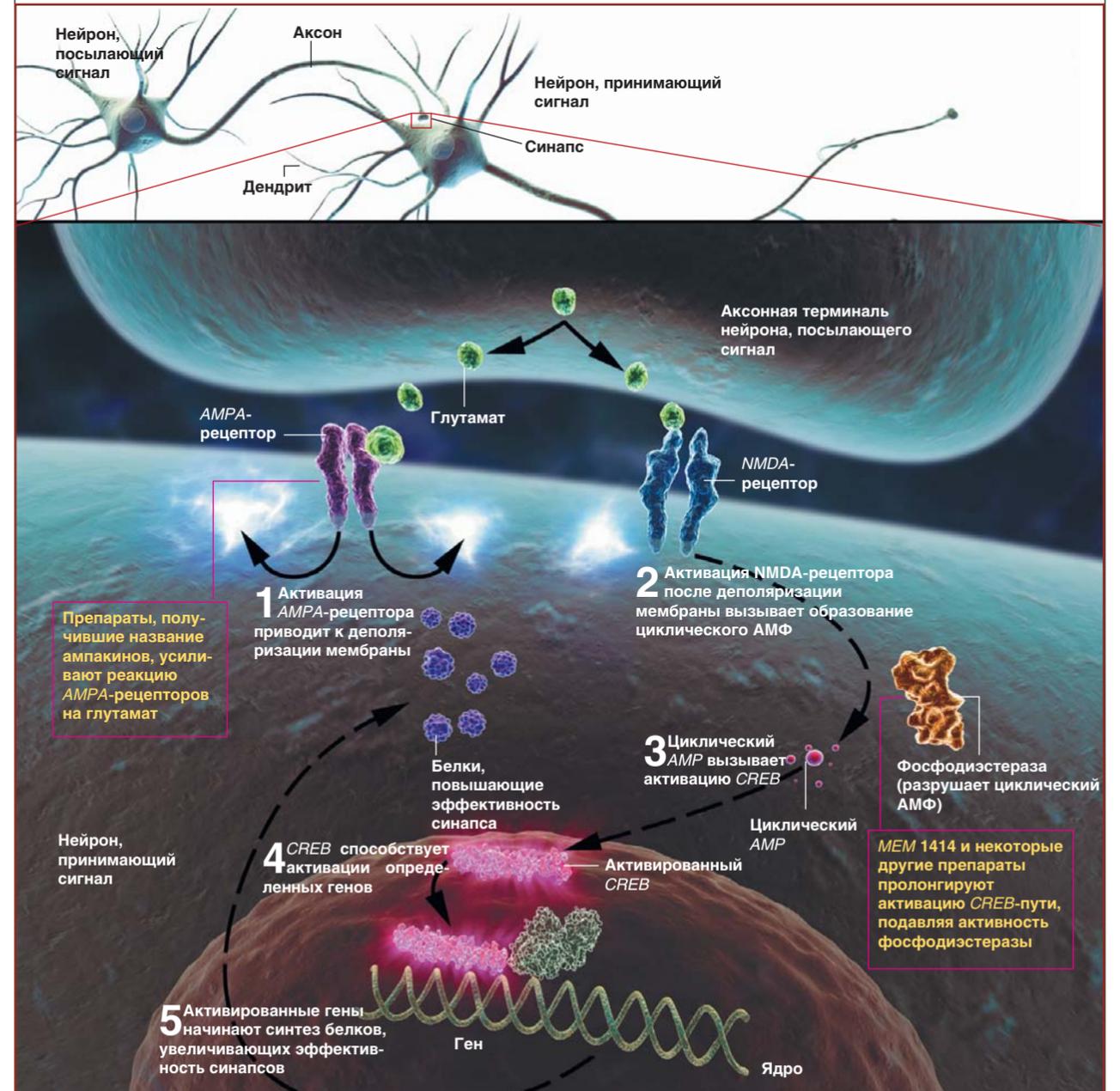
обширные владения, едва ли не каждый отрезок нашей продолжительной экскурсии он завершал словами: «На высшем уровне!» И в электрофизиологической лаборатории, где исследователи изучают влияние потенциальных «стимуляторов памяти» на отдельные нейроны и срезы головного мозга животных, и в виварии, где препараты испытываются на взрослых грызунах, и в залах фармакокинетики, где непрерывно щелкающие и гудящие автоматы без устали анализируют пробы крови животных и людей, везде — «На высшем уровне!».

В начале 2003 г. компания *Memory Pharmaceuticals* приступила к проверке на безопасность препарата, предназначенного для улучшения памяти и умственной деятельности, — соединения под названием *MEM 1003*. Это вещество, регулирующее транспорт ионов кальция в нейроны, призвано восстанавливать кальциевое равновесие в клетках головного мозга при болезни Альцгеймера, слабо выраженном ухудшении умственной деятельности или «сосудистой деменции». В плане фармакокинетики и токсикологии испытания проходят исключительно успешно. Для людей вещество совершенно безопасно, однако более пристальное внимание специалистов привлекает к себе другой препарат компании — соединение *MEM 1414*. Оно способно активизировать молекулярный путь, который играет ключевую роль в процессе консолидации памяти — превращении кратковременных ощущений и навыков в следы долговременной памяти. Важнейшее участие в процессе принимает белок, получивший название *CREB*.

В середине 1990-х гг. Тим Талли и Джерри Йин (*Jerry Yin*) генетически сконструировали особую линию плодовых мушек дрозофил с поистине феноменальной фотографической памятью: насекомые способны обучаться, выполнять определенные задания и запоминать выработанные навыки в течение одного экспериментального сеанса, тогда как их «нормальным» сородичам требуется 10 сеансов. Специалисты добились такого поразительного улучшения памяти за счет активации одного-единственного гена под названием *CREB*. Как показали исследования, когда животные учатся выполнять какое-нибудь задание и запоминают образующийся навык, синапсы, ответственные за формирование следа памяти, перестраиваются в результате процесса, требующего активации генов. Оказалось, что формирование следа памяти сопровождается образованием в клетке молекулы-посредника — циклического АМФ (цАМФ). Эта молекула в свою очередь «запускает» образование белка, который

**КАК РАБОТАЮТ «СТИМУЛЯТОРЫ ПАМЯТИ»**

Ряд препаратов, предназначенных для улучшения памяти, воздействует главным образом на два процесса, развивающихся в нейронах во время консолидации памяти: деполяризацию мембраны и активацию *CREB*-белка. Деполяризация возникает после того, как высвобождение возбуждающего нейротрансмиттера глутамата в синапс (область контакта между двумя нервными клетками) стимулирует *AMPA*-рецепторы на поверхности нейрона, получающего нервный сигнал. Под влиянием деполяризации на глутамат реагирует и другой поверхностный белок — *NMDA*-рецептор. В результате внутри клетки активируется сложная последовательность молекулярных взаимодействий, включающая образование циклического АМФ и, как следствие, активацию *CREB*-белка. (Прерывистыми стрелками обозначены звенья этого процесса, опущенные для упрощения схемы.) Последнее событие имеет решающее значение для консолидации памяти: активированный *CREB* помогает «включить» гены, ответственные за синтез белков, укрепляющих определенные синапсы. Некоторые другие препараты ускоряют процессы памяти за счет усиления реакции *AMPA*-рецепторов на глутамат, т.е. благодаря облегчению деполяризации. А третьи увеличивают уровень активного *CREB* в клетках — например, за счет подавления активности фермента фосфодиэстеразы, которая разрушает циклический АМФ.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «СТИМУЛЯТОРОВ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Препараты, способные улучшать когнитивную деятельность мозга, применяются в основном для лечения деменции и других заболеваний. Некоторые из имеющихся в продаже лекарств проходят проверку или уже используются для улучшения работоспособности здоровых людей (например, для борьбы с сонливостью у специалистов, работающих в ночную смену, или для повышения оперативности действий летчиков в условиях стресса).

| Тип препарата                     | Компания  | Предназначение                                    | Статус   |
|-----------------------------------|---|---|--|
| Ингибитор CREB                    | Helicon Therapeutics                            | Подавление неприятных воспоминаний                | В начале разработки                                      |
| Активатор CREB                    | Helicon Therapeutics                            | Улучшение памяти                                  | В начале разработки                                      |
| Активатор CREB (MEM 1414)         | Memory Pharmaceuticals в сотрудничестве с Roche | Улучшение памяти                                  | Проверка безвредности для людей началась в конце 2003 г. |
| Регулятор тока кальция (MEM 1003) | Memory Pharmaceuticals                          | Улучшение памяти                                  | Проходит испытания на безвредность                       |
| Ампакины                          | Cortex Pharmaceuticals                          | Улучшение памяти                                  | Проходит проверку терапевтической эффективности          |
| Фензерин                          | Ахонух  | Лечение легких и средних форм болезни Альцгеймера | Завершены испытания терапевтической эффективности        |
| Модафинил (Провигил)              | Cephalon  | Лечение нарколепсии                               | Имеется в продаже  |
| Метилфенидат (Риталин)            | Novartis  | Повышение уровня внимания                         | Имеется в продаже  |
| Донепезил (Арисепт)               | Eisai/Pfizer                                    | Лечение легких и средних форм болезни Альцгеймера | Имеется в продаже  |
| Ривастигмин (Экселон)             | Novartis  | Лечение легких и средних форм болезни Альцгеймера | Имеется в продаже  |
| Галантамин (Реминал)              | Janssen   | Лечение легких и средних форм болезни Альцгеймера | Имеется в продаже  |

связывается с ДНК нервной клетки. В результате активизируется целая совокупность генов, ответственных за синтез белков, которые «доставляют» синапсы и тем самым повышают эффективность их работы. Такой процесс и лежит в основе консолидации следа памяти. «Запускающий» его белок получил сложное название *cAMP response element-binding protein (CREB)* — белок, связывающийся с цАМФ-зависимым элементом. Чем выше уровень CREB в нейроне, тем быстрее происходит консолидация памяти. Так по крайней мере обстоит дело у моллюсков, плодовых мушек и мышей. У человека же обычно

циклический АМФ в клетке разрушается ферментом фосфодиэстеразой (ФДЭ). Теоретически подавление активности ФДЭ приводит к увеличению времени доступности CREB, а значит, и скорости процесса формирования памяти. Но ингибиторы ФДЭ пользуются у специалистов весьма сомнительной репутацией. С помощью одного из них в Японии пытались лечить депрессию, но лекарство вызывало у людей побочное действие — тошноту. Тем не менее в предварительных испытаниях ингибиторы ФДЭ прекрасно зарекомендовали себя в качестве средств, улучшающих память. Поэтому

не удивительно, что фармацевтические компании занялись разработкой препаратов, основанных на ФДЭ (класс соединений, известных под названием PDE-4).

Исследователи возлагают большие надежды на препарат MEM 1414. Интересно, что у приматов и грызунов в старости отмечается точно такое же ухудшение памяти, как и у пожилых людей. В преклонном возрасте 50% животных утрачивает способность к образованию новых следов памяти, а MEM 1414 восстанавливает ее почти до нормального уровня.

Мнение, что CREB — наилучшая основа для создания «стимуляторов памяти», разделяют далеко не все. Выбор этого не очень оправдан с биологической точки зрения, особенно если речь идет о млекопитающих. Ведь CREB экспрессируется в организме повсюду. Некоторые исследователи даже полагают, что новые препараты окажутся не более действенными, чем кофеин. К тому же CREB — далеко не единственный способ манипулирования памятью. Так, нейробиологи из Принстонского университета изучают рецептор нейротрансмиттера NMDA, присутствующий только в переднем мозге, а внимание компании Cortex Pharmaceuticals сфокусировано на другой системе нейротрансмиттеров. «Откровенно говоря, наши знания ничтожно малы, — признается Джо Цинь. — Мы не знаем ни принципов работы памяти, ни набора выполняемых ею операций. Нам многое известно о генах, но четкого представления об их функциях нет, что, по-моему, и стало основной проблемой всех терапевтических исследований».

«Ученых заботит только одно: добиться, чтобы препараты работали, — признается исследователь, уже долгое время проявляющий повышенный интерес к вопросам социальных последствий научных разработок. — Будут ли их использовать не по назначению, если подтвердится их клиническая эффективность? Думаю, да, ведь такие препараты способны улучшать и двигательные навыки, необходимые, например, для игры на фортепиано, или овладения иностранным языком». В конце концов не по назначению стала использоваться и виагра, но от нее не отказались, так же как не перестали принимать риталин и амфетамины. Однако самолечение опасно, т.к. может вызвать неожиданные побочные действия. У человека, например, могут возникнуть неизвестные психические расстройства.

От эпохального события, когда лекарства нового поколения дойдут до людей, нас отделяют пять-десять лет. И прежде чем «умные таблетки»



Риталин обычно назначается гиперактивным детям с нарушенной способностью к концентрации внимания. Среди старшекласников и студентов этот препарат популярен как средство для стимуляции умственной деятельности

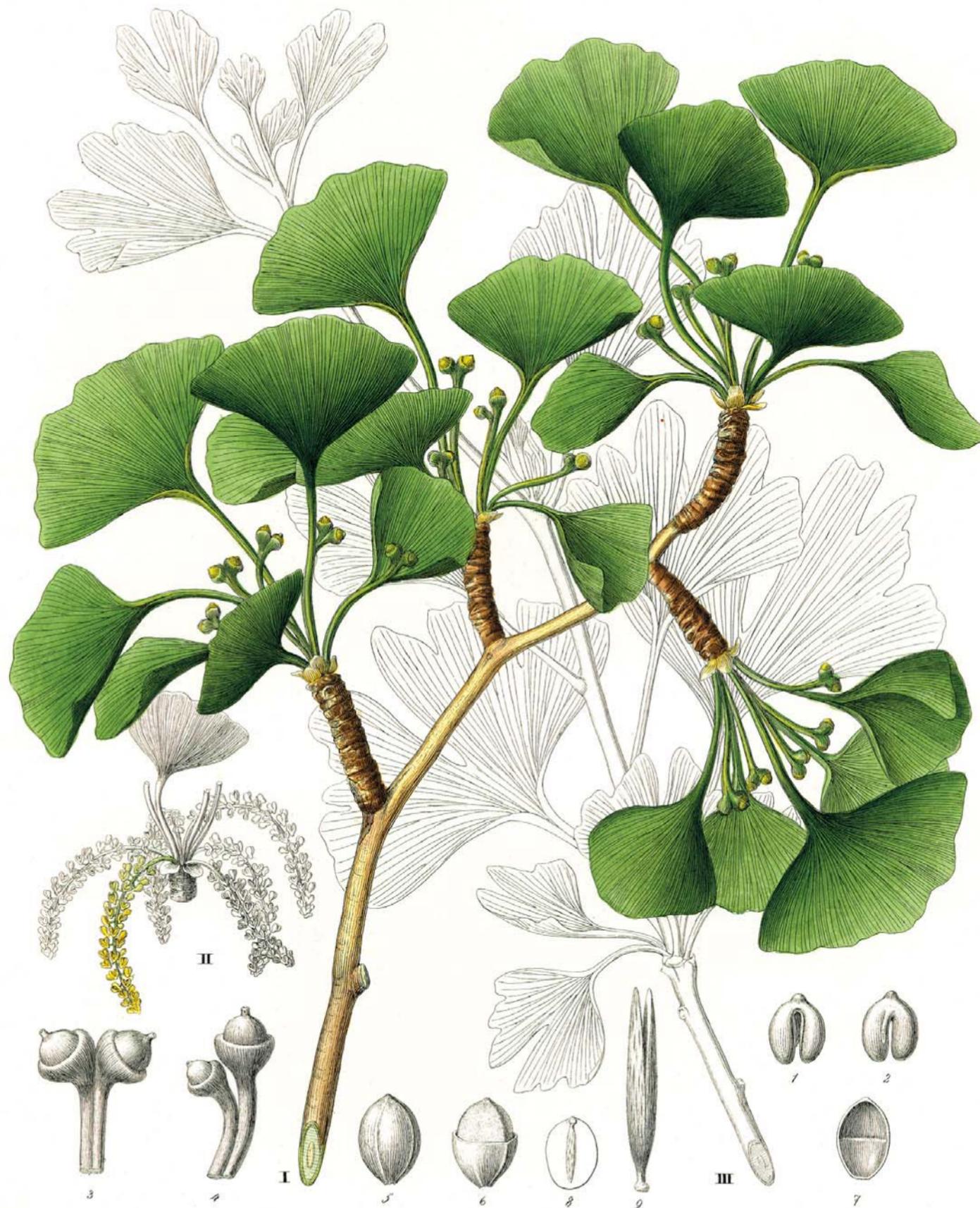
попадут в аптеки, нам предстоит узнать о них массу интересных вещей. Но судя по небольшому инциденту, произошедшему в Принстонском университете, все может сложиться иначе. Когда специалисты показывали мне виварий, где содержатся генетически сконструированные знаменитые «мышь-интеллектуалы», мимо нас прошел лаборант. В руке он нес самую примитивную мышеловку, в которой сидели два несчастных зверька. Я проводил взглядом грызунов «с повышенным уровнем когнитивных способностей», покачал головой и со вздохом произнес: «Не такие уж они и умные...» ■

(В мире науки, №12, 2003)

# ПОДНОГОТНАЯ ГИНКГО ДВУЛОПАСТНОГО

Пол Гоулд, Ларри Кэхилл и Гэри Уэнк

Этот популярный фитопрепарат и впрямь может слегка улучшить память.  
Однако съешьте кусок сахара — и эффект будет тот же



Вееровидные листья гинкго. Рисунок из книги «Флора Японии» (*Flora Japonica*), написанной в XIX в. немецким врачом Филиппом фон Зибольдом. Экстракт из этого растения — один из фитопрепаратов, наиболее широко используемых для улучшения памяти

Гинкго двулопастный (*Ginkgo biloba*) — удивительное дерево родом из Кореи, Китая и Японии. Сегодня оно встречается в парках и на городских улицах по всему миру. Растение достигает высоты 40 м и живет дольше 1000 лет. Возраст ископаемых остатков гинкго — 250 млн. лет, недаром Чарлз Дарвин назвал его «живым ископаемым». Впрочем, в наши дни всеобщее внимание приковано к нему благодаря экстракту, получаемому из вееровидных листьев дерева.

Этот экстракт еще много столетий назад нашел применение в традиционной китайской медицине. Сегодня лекарства на основе гинкго используются для улучшения памяти и стимуляции умственной деятельности, пожалуй, более широко, чем какие-либо другие растительные препараты. Особенно они популярны в Европе (в Германии экстракт гинкго недавно получил официальное признание в качестве средства для лечения старческого слабоумия). А в США в Национальном институте геронтологии он проходит испытания при лечении болезни Альцгеймера.

Однако существуют ли научные подтверждения способности гинкго улучшать умственную деятельность человека? Ведь информация о действенности большинства фитопрепаратов по большей части основана на слухах и домыслах, а не на результатах научной работы. Но некоторые препараты (в том числе и гинкго) заслуживают особого отношения: даже если их прием и безопасен, они отвлекают внимание (и финансы) больных от более сильных лекарств, а ведь стоят они совсем не дешево! В этой статье мы попытались обобщить результаты исследований, свидетельствующие как в пользу, так и против стимулирующего влияния гинкго на мозговые функции человека.

## Много вопросов — мало ответов

Обычная суточная доза препаратов гинкго — 120 мг сухого экстракта в 2–3 приема. Экстракт

содержит несколько флавоноидов — природных растительных соединений с двумя ароматическими кольцами в молекуле. В его состав также входит ряд бифлавоноидов и два типа терпенов — природных соединений, присутствующих, например, в кошачьей мяте (котовнике) и марихуане.

Влияние препаратов гинкго на умственные функции людей изучали десятки исследователей, однако полученные результаты опубликованы в журналах с очень ограниченным распространением, что сильно затрудняет их оценку. В подавляющем большинстве работ участвовали люди с незначительным или умеренным ухудшением умственной деятельности (наиболее частый диагноз — начальная стадия болезни Альцгеймера). Как правило, использовался стандартный экстракт гинкго — EGb 761.

В большинстве случаев оценивались память и эрудиция испытуемых; оценка внимания, мотивации, тревоги и прочих психических состояний почти не проводилась. Поскольку, как правило, тесты предлагались после длительного (обычно в течение нескольких месяцев) приема



## ГИНКГО И ГОЛОВНОЙ МОЗГ

**Ученые пока не знают, действительно ли экстракт из листьев гинкго двулопастного способен улучшать когнитивные функции человека. Однако обнаружено, что растение оказывает разностороннее воздействие на головной мозг.**

### КРОВЬ И СОСУДЫ

- Стимулирует расширение кровеносных сосудов, что приводит к усилению кровоснабжения головного мозга и уменьшению кровяного давления (возможно, и снижению риска инсульта).
- Снижает уровень холестерина в крови.
- Подавляет слипание тромбоцитов и образование кровяных сгустков. Это снижает риск тромботического инсульта (закупорка кровеносного сосуда мозга кровяным сгустком), но повышает риск геморрагического инсульта (кровоизлияние в мозг).

### АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ

- Подавляет образование активных молекул кислорода, способных повреждать нейроны и вызывать возрастные изменения головного мозга.
- Ослабляет последствия церебральной ишемии (недостаточного кровоснабжения мозга) за счет подавления образования токсичных свободных радикалов после приступа ишемии.

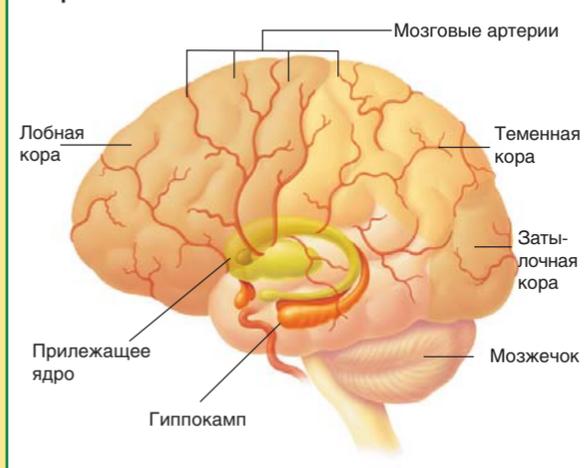
### УТИЛИЗАЦИЯ ГЛЮКОЗЫ

- Стимулирует поглощение глюкозы в лобной и теменной коре (отделах мозга, участвующих в переработке сенсорной информации и планировании сложных действий).
- Увеличивает поглощение глюкозы в прилежащем ядре («центр удовольствия») и мозжечке (отдел мозга, ответственный за координацию движений).

### СИСТЕМЫ НЕЙРОТРАНСМИТТЕРОВ

- Помогает нейронам переднего мозга поглощать холин из крови. Холин входит в состав нейротрансмиттера ацетилхолина — вещества, опосредующего

Области мозга, на которые воздействует экстракт гинкго



передачу нервных сигналов от одного нейрона к другому.

- Поддерживает активное состояние нейронных рецепторов, опосредующих реакции на серотонин (нейротрансмиттер, ослабляющий стресс и тревогу).
- Усиливает высвобождение гамма-аминомасляной кислоты (нейротрансмиттер, ослабляющий тревогу). Снижение стресса может уменьшать уровень глюкокортикоидных гормонов в крови, что благотворно сказывается на функциях гиппокампа (структуры головного мозга, играющей важную роль в обучении).
- Стимулирует выработку адреналина. Как известно, повышенная активация адреналиновой системы некоторыми антидепрессантами ослабляет симптомы депрессии.

препаратов гинкго, трудно определить, на какие именно когнитивные способности растение оказывало влияние.

В 1998 г. нейробиологи из Орегонского медицинского университета проанализировали результаты более чем 50 исследований, в которых участвовали люди с ухудшением умственной деятельности. Лишь четверо из них полностью удовлетворяли требованиям к научным работам (исчерпывающее описание диагноза болезни Альцгеймера, прием испытуемыми стандартного экстракта гинкго, использование плацебо и двой-

ного слепого контроля). Во всех работах было установлено, что пациенты с болезнью Альцгеймера, принимавшие препараты гинкго, выполняли различные когнитивные тесты лучше, чем больные, получавшие плацебо. Наиболее значительное улучшение когнитивных функций отмечалось в стандартных тестах для оценки внимания, краткосрочной памяти и времени реакции; в среднем оно составляло 10–20%.

По мнению исследователей, влияние гинкго на умственную деятельность человека сравнимо с действием донепезила — препарата, широко

используемого для лечения болезни Альцгеймера. Донепезил повышает активность головного мозга, подавляя разрушение ацетилхолина — химического вещества, обеспечивающего передачу нервного сигнала от одного нейрона другому. Однако недавно было проведено другое широкомасштабное исследование, в котором экстракт EGb 761 принимали пациенты со слабо или умеренно выраженным слабоумием. Авторы сообщили об «отсутствии каких-либо систематических и клинически значимых эффектов гинкго» при выполнении испытуемыми всех предложенных когнитивных тестов.

Даже если препараты гинкго и оказывают стимулирующее воздействие на умственную деятельность людей с болезнью Альцгеймера, важно знать, действительно ли они улучшают их когнитивные способности или же попросту приостанавливают развитие заболевания? Исследование, проведенное в 1997 г. нейробиологами из Нью-Йоркского института медицинских исследований, дало на этот ключевой вопрос два разных ответа. Результаты зависели от того, какой тест использовался для оценки когнитивных функций испытуемых. Если она проводилась с помощью когнитивной шкалы для оценки состояния пациентов с болезнью Альцгеймера, показатели больных, получавших плацебо на протяжении года, ухудшались, а показатели пациентов, принимавших гинкго, оставались стабильными. Но если использовался другой инструмент — шкала для оценки состояния гериатрических пациентов их родственниками, у всех испытуемых выявлялось одинаковое ухудшение когнитивных функций.

По меньшей мере в одном исследовании было выявлено положительное влияние этого растения

воспроизведению значительно повышалась после приема гинкго, что указывает на то, что основу стимулирующего влияния растения на когнитивные функции составляет некое краткосрочное, а не долговременное биологическое воздействие.

Нелишне вспомнить и те исследования, которые выявили ухудшение когнитивных способностей под влиянием гинкго. Так, было обнаружено, что пожилые люди с легкими или умеренными нарушениями памяти, в течение 24 недель принимавшие препараты гинкго, хуже вспоминали последовательность цифр, нежели испытуемые, получавшие плацебо.

### Полезен ли гинкго здоровым людям?

Исследований, посвященных воздействию этого растения на когнитивные функции здоровых молодых людей, проведено очень мало. В середине 1980-х Ян Хайндмарч (Ian Hindmarch) из Лидского университета (Англия) изучал прохождение различных тестов 8 здоровыми испытуемыми в возрасте 25–40 лет после приема препарата EGb 761. Оказалось, что лекарство в наиболее высокой дозе (600 мг) улучшало показатели только в тесте краткосрочной памяти. Не слишком убедительные свидетельства в пользу стимулирующего влияния гинкго на когнитивные функции молодых людей были получены позднее. Было обнаружено, что испытуемые, принимавшие гинкго, несколько лучше выполняют задания, требующие концентрации внимания. Также было выявлено некоторое улучшение памяти у людей среднего возраста, принимавших гинкго в сочетании с женьшенем.

Прежде чем проверять фармакологические препараты на людях, специалисты сначала тщательно

## Информация о фитопрепаратах, как правило, основана на слухах и домыслах, а не на результатах научных исследований

на состояние пациентов с ослаблением умственной деятельности после разового приема препарата гинкго. Ученые из Университета Верхней Бретани в г. Ренн (Франция) изучили небольшую группу пожилых людей с умеренно выраженным возрастным ухудшением памяти, получавших одну высокую дозу (320–600 мг) экстракта гинкго. Через час после приема лекарства исследователи оценивали память испытуемых, быстро показывая им небольшие наборы слов или рисунков и сразу же после этого предлагая им вспомнить материал. Способность пожилых людей к его

изучают их действие на лабораторных животных. Такие эксперименты определяют безопасность и действенность лекарств. Но поскольку применение препаратов гинкго не регулируется законодательством, производители не обязаны предварительно испытывать их на четвероногих. Поэтому сообщения о влиянии гинкго на память и процесс обучения у животных в научной периодике появлялись сравнительно редко. Возможно, самым заметным из них было исследование, в котором изучалось поведение молодых мышей, обучавшихся нажимать на рычаг для получения

## НЕКОТОРЫЕ «СТИМУЛЯТОРЫ МОЗГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Пожилые люди проявляют большой интерес к бесчисленным «стимуляторам мозговой деятельности». Торговля подобными препаратами сопровождается шумной рекламой их «чудодейственных» свойств. Проведя анализ сообщений, опубликованных в научных журналах, мы обнаружили, что некоторые из таких лекарств действительно улучшали память у лабораторных животных, а иногда и у людей. Однако возникают многочисленные вопросы, связанные с выбором испытуемых, правомочностью сопоставления результатов, полученных при использовании тестов разного типа, и некоторыми другими аспектами экспериментальных процедур и интерпретации данных. Поэтому эффективность таких препаратов как средств, приостанавливающих потерю памяти, вызывает сомнение. Ниже приводится краткая характеристика шести классов препаратов, свободно продаваемых в аптеках и рекламируемых в качестве средств, улучшающих память.

### Фосфатидилсерин (ФС)

Установлено, что этот природный липид замедляет старческие изменения нейронов у крыс и мышей и восстанавливает нормальный уровень памяти при выполнении разнообразных заданий. Исследования влияния ФС на память человека очень малочисленны. У пожилых людей с умеренным ухудшением умственной деятельности ФС вызывал незначительное улучшение запоминания перечня слов.

### Холиновые соединения

Эффективность фосфатидилхолина (лецитина) как средства, улучшающего память у пациентов с болезнью Альцгеймера, не подтвердилась. Испытания цитиколина в этом плане почти не проводились; лишь в одном случае сообщается о значительном улучшении памяти при запоминании рассказа у небольшого числа здоровых пожилых людей.

### Пирацетам

Созданный в 1967 г. пирацетам не был одобрен Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарств США. В Мексике и Европе он продается под различными названиями (ноотропил, пирроксил и т.д.). В экспериментах на животных показано, что препарат может облегчать передачу нервных сигналов и повышать синаптическую активность, а также замедлять старческие изменения нейрональных мембран. Отсутствуют четкие данные о его благотворном влиянии на когнитивные функции пациентов с болезнью Альцгеймера или пожилых людей с возрастным ухудшением памяти.

### Винпоцетин

Этот алкалоид, выделенный из барвинка, усиливает мозговое кровообращение. В трех исследованиях было установлено, что пожилые люди, страдающие старческим слабоумием

или нарушениями памяти вследствие недостаточного мозгового кровотока, после приема винпоцетина лучше выполняли тесты на концентрацию внимания и запоминание.

### Ацетил-L-карнитин (АК)

Эта аминокислота участвует в клеточных процессах, связанных с высвобождением энергии. В исследованиях на животных показано, что АК предотвращает возрастное уменьшение количества рецепторных молекул на нейрональных мембранах. Но прием препарата пациентами с болезнью Альцгеймера не приводил к заметному росту показателей в различных тестах памяти.

### Антиоксиданты

Антиоксиданты (витамины Е, С и другие соединения) способствуют «обезвреживанию» свободных радикалов (с возрастом активность этих частиц, повреждающих клетки и ткани, повышается). Но проведенные исследования не выявили значительного влияния витамина Е на память пациентов, страдающих болезнью Альцгеймера или находящихся на ранних стадиях болезни Паркинсона. Одновременный прием витаминов Е и С студентами колледжа не приводил к улучшению их показателей.



пищевого вознаграждения. Грызуны, в течение 4–8 недель принимавшие гинкго, начали выполнять задание немного быстрее, чем контрольные животные. Но и в данном случае остается неясным, стимулирует ли гинкго процесс обучения или же оно оказывает какое-то воздействие, улучшающее выполнение четвероногими задания (сообщалось, например, что экстракт гинкго уменьшает стресс у крыс).

Если гинкго улучшает умственную деятельность, каковы механизмы его действия? Исследования на людях и животных позволили ученым выделить несколько типов биологического воздействия, которые вполне могут быть связаны с предполагаемым стимулирующим действием растения на когнитивные функции. Но каковы бы ни были механизмы, похоже, прием гинкго (даже в обычных дозах — 120–240 мг в день) представляет для здоровья человека определенную опасность. В качестве побочных эффектов отмечаются, например, субдуральные гематомы и желудочно-кишечные расстройства, тошнота, рвота, чрезмерное слюноотделение, ухудшение аппетита, головные боли, головокружение, шум в ушах и кожные высыпания. Однако риск серьезных нарушений невелик.

Вернемся к главному вопросу: действительно ли препараты гинкго улучшают умственную деятельность человека? Судя по результатам исследований — совсем незначительно. Поскольку научных работ в этом направлении было проведено очень мало, а их качество во многих случаях оставляет желать лучшего, говорить с какой-либо определенностью даже о слабом стимулирующем воздействии этого растения пока преждевременно. Гинкго может приостановить ухудшение умственной деятельности у больных слабоумием. Разовый прием препарата может ненадолго улучшить память. Но ограниченный объем научных данных не позволяет дать этим фактам адекватной оценки.

### Практические выводы

Можно ли считать препараты гинкго лучшим средством для улучшения памяти? Безусловно, есть много других лекарств, а также сравнительно простых воздействий иной природы, влияющих на память и другие когнитивные функции. Так, у человека, с волнением слушающего занимательный рассказ, надпочечники увеличивают выброс в кровоток адреналина, что улучшает память и без всяких медикаментов. Одно из объяснений такого явления в том, что адреналин стимулирует высвобождение

глюкозы печенью, увеличивая ее уровень в крови, а следовательно, и доступность для головного мозга.

Память может улучшить даже кусок сахара. При повышении уровня глюкозы в крови крысы, мыши и люди (в том числе и страдающие болезнью Альцгеймера) начинают лучше выполнять различные когнитивные тесты. Влияние глюкозы, как и большинства других препаратов, улучшающих память, описывается кривой доза-эффект, имеющей колоколообразную форму. Память улучшают только умеренные дозы глюкозы; в низких дозах она практически не действует, а в высоких — может дать обратный эффект.

Например, в тесте на запоминание короткого рассказа глюкоза увеличивала показатели памяти у здоровых молодых и пожилых людей на 30–40%, а у пациентов с болезнью Альцгеймера — на 100%. Улучшение памяти в данном исследовании было гораздо более выраженным, чем в двух других, где изучалось воздействие гинкго (10–20%). Но в большинстве экспериментов, в которых оценивалось влияние глюкозы, испытуемые получали разовые дозы препарата, и проводилось сравнение их памяти до и после его приема. В большинстве же исследований, где изучались препараты гинкго, пациенты принимали их в течение длительного времени, а их память сравнивалась с памятью контрольных испытуемых.

Здоровый скептицизм, с которым мы приступили к написанию обзора, никоим образом не отразился на нашем твердом намерении избегать предвзятых суждений. Факты указывают на то, что гинкго и в самом деле может улучшать некоторые когнитивные функции человека, но воздействие выражено слабо и проявляется лишь в определенных условиях. Общее же впечатление таково, что имеющейся информации явно недостаточно для того, чтобы делать окончательные выводы о способности этого растения стимулировать умственную деятельность человека.

Впрочем, получено достаточно много положительных свидетельств, оправдывающих дальнейшее изучение целебных свойств гинкго. Однако, как показывает многолетний опыт испытания новых лекарственных средств, положительные результаты, первоначально получаемые в исследованиях с участием небольшого числа людей, как правило, не подтверждаются, когда препарат начинают испытывать на большом количестве пациентов. А потому настоящая проверка целебных качеств гинкго — дело будущего. ■

(В мире науки, № 7, 2003)



# ЦЕЛИТЕЛЬНАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Хантер Хоффман

Виртуальные компьютерные миры помогают людям преодолевать мучительную боль и преодолевать навязчивые страхи

Герои фантастического фильма «Матрица» совершают свои подвиги в виртуальном мире. Не покидая кресел, они сражаются со злодеями, уворачиваются от пуль и носятся на мотоциклах по лабиринтам, хитроумно сконструированным компьютерными программами. Главная особенность виртуальной реальности (создание иллюзии пребывания в каком-то ином пространстве) может принести огромную пользу медицине. Ученые начинают понимать, что лучшее применение виртуальной реальности — не развлечения, а терапия.

Можно ли с помощью виртуальной реальности облегчить страдания людей, получивших тяжелые ожоги и испытывающих невыносимую боль? Поиску ответа на этот вопрос и посвящена наша многолетняя совместная работа со специалистом по боли из Медицинской школы Вашингтонского университета Дэвидом Паттерсоном (David R. Patterson). Полученные результаты оказались настолько обнадеживающими, что в нескольких американских клиниках уже ведется подготовка к использованию виртуальной реальности в качестве обезболивающего средства. В другой серии исследований мы используем аналогичные компьютерные программы для устранения иррационального навязчивого страха пауков у фобических пациентов и лечения посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) у жертв террористических актов.

## Мир паука и мир снега

Наибольшие мучения приносят тяжелые ожоги. Пережив ужасные страдания непосредственно после травмы, пациенты ожоговых отделений должны еще выдержать длительный и не менее мучительный процесс лечения и выздоровления. Ежедневная обработка ран, их промывание и удаление отмерших тканей для предотвращения инфекции может причинять человеку такую страшную боль, что унять ее не способны

даже высокие дозы опиоидов. Для того чтобы заживающая кожа сохранила свою эластичность, а расположенные под ней мышцы не атрофировались, ее нужно регулярно растягивать. Во время такой процедуры большинство пациентов (особенно дети) предпочитают думать о каких-нибудь посторонних предметах. А нельзя ли отвлечь их внимание от болевых ощущений с помощью многочисленных компьютерных программ?

В Ожоговый центр Харборвью в Сиэтле поступили два мальчика-подростка, получивших тяжелые ожоги в результате возгорания бензина. У одного был ожог ноги, у другого была поражена треть поверхности тела — лицо, шея, спина, руки и ноги. Обоим больным была произведена операция по пересадке кожи и установлены скобки для фиксации трансплантатов. Мы начали наблюдать детей, когда у них были удалены фиксирующие скобки. Перед этой процедурой оба пациента получали обычную терапевтическую дозу опиатов. Кроме того, каждый из них проводил часть времени за компьютером, погрузившись в виртуальную реальность, и столько же времени за популярной видеоигрой *Nintendo (Wave Race 64, гонки на реактивных лыжах, либо Mario Kart, автогонки)*. Программа виртуальной реальности *SpiderWorld* («Мир паука») первоначально была разработана как средство для лечения людей с навязчивым непреодолимым страхом пауков. Надев на голову шлем со встроенным стереоскопическим дисплеем, на котором появлялись трехмерные компьютерные графические изображения, пациенты получали полную иллюзию пребывания на кухне с окном и мебелью с многочисленными горизонтальными плоскостями и выдвижными ящиками. На кухне сидел тарантул; эффект присутствия усиливал игрушечный паук, подвешенный на нитке над постелью пациента, который мог дотронуться до него рукой.

По рассказам подростков, видеоигры *Nintendo* не могли отвлечь их от боли во время процедур,

а погружение в виртуальный «Мир паука» значительно облегчало страдания. После каждого терапевтического сеанса пациенты оценивали интенсивность боли по шкале от 0 до 100 баллов. Игра *Nintendo* способна надолго поглотить внимание здорового человека, но погружение в двухмерный мир видеоигры оказывается гораздо менее глубоким, чем в трехмерную виртуальную реальность. Такой вывод подтверждают и результаты исследования 12 пациентов, проведенного в Ожоговом центре Харборвью: интенсивность болей у пациентов, использовавших традиционные средства облегчения боли (только опиоиды), была в два раза выше, чем в случае погружения в виртуальный «Мир паука».

Стремясь повысить плодотворность «виртуальной терапии», наша исследовательская группа создала специальную программу «Мир снега» (*SnowWorld*), призванную облегчить страдания ожоговых пациентов. Разработанная при поддержке одного из основателей компании *Microsoft* Пола Аллена (Paul G. Allen), она создает иллюзию полета через запорошенный снегом каньон, по дну которого протекает замерзающая речка и бурлит водопад, а в воздухе над ним кружат снежинки. Поскольку многие пациенты жалуются на то, что во время лечебных процедур они испытывают такие же сильные мучения, как и сразу после травматизации, мы надеялись, что снег и лед хотя бы немного успокоят их опаленную пламенем кожу. Когда больной парит над виртуальным каньоном, он может кидаться снежками в снеговиков, эскимосские хижины, роботов и пингвинов, стоящих на узкой кромке льда или плывущих по реке. Если снежок поражает цель,

#### ОБЗОР: ВИРТУАЛЬНО-РЕАЛЬНАЯ ТЕРАПИЯ

- Один из наиболее эффективных способов облегчения боли — отвлечение внимания. Виртуальная реальность переносит человека в трехмерное пространство, а потому как нельзя лучше помогает больным вытерпеть боль.
- Программы виртуальной реальности во время обработки ран у ожоговых пациентов значительно ослабляют боль. Изображения, полученные с помощью функциональной магнито-резонансной томографии, показывают, что виртуальная реальность вызывает снижение уровня активности головного мозга, связанной с болью.
- Кроме того, такие программы помогают фобическим пациентам преодолеть страх пауков, высоты, воздушных перелетов или публичных выступлений. Разработана методика лечения посттравматического стрессового расстройства у выживших жертв террористического акта 11 сентября 2001 г.

фигуры исчезают в облаке снежной пыли, пингвины с криканьем переворачиваются вверх тормашками, а роботы превращаются в груды железа.

Дальнейшие работы выявили, что лечение виртуальной реальностью благотворно воздействует не только на состояние ожоговых пациентов. Мы обследовали 22 здоровых добровольца, которым на 10 минут на руку помещалась манжета для измерения кровяного давления. Каждые две минуты испытуемые должны были оценивать вызываемую ею боль; как и ожидалось, со временем болевые ощущения усиливались. Но в течение двух последних минут процедуры каждому испытуемому предлагалось на короткое время погрузиться в «Мир паука» или «Мир шоколада» (*ChocolateWorld*). (Пользователь последней программы видит виртуальную плитку шоколада, соединенную через позиционный датчик с реальной шоколадкой; откусывая кусочек настоящей конфеты, он видит, как исчезает и соответствующая часть виртуальной сладости.) По словам испытуемых, во время погружения в виртуальную реальность их болевые ощущения значительно ослабевали.

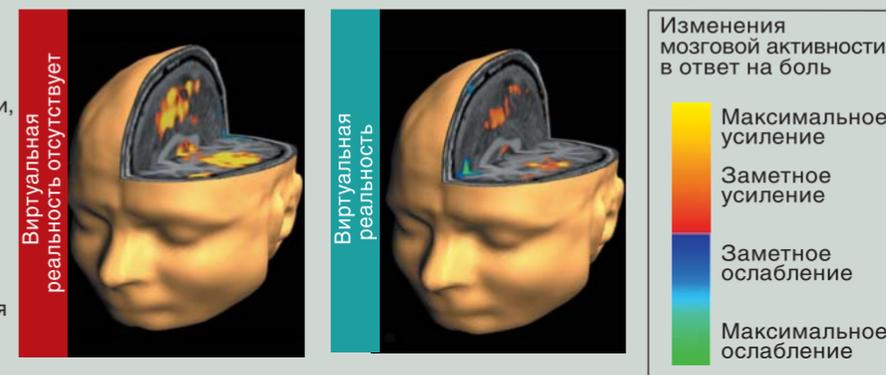
Более того, мы обнаружили, что качество компьютерных систем напрямую связано со степенью облегчения боли. В одном из исследований каждый из 39 здоровых добровольцев в течение 30 секунд подвергался воздействию теплового болевого раздражителя. В это время 20 из них погружались в интерактивную версию «Мира снега», имея на голове высококачественный шлем виртуальной реальности, наушники для прослушивания звуковых эффектов и датчик, отслеживающий положение головы. Остальные 19 испытуемых, получившие низкокачественный шлем без позиционного датчика, не могли слышать звуки и швыряться снежками по иллюзорным целям. Была выявлена значительная положительная корреляция между силой иллюзии (т.е. убежденностью испытуемых в том, что они действительно пребывают в виртуальном мире) и ослаблением болевых ощущений.

#### Боль и головной мозг

В описанных выше исследованиях учитывалась только субъективная оценка боли пациентами. Для более строгой проверки предположения об обезболивающем действии виртуальной реальности я вместе с коллегами из Вашингтонского университета решил исследовать активность головного мозга, связанную с болью, методом функциональной магнито-резонансной томографии (ФМРТ). Мы провели сканирование мозга здоровых испытуемых,

#### АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА, СВЯЗАННАЯ С БОЛЬЮ

Когда здоровых испытуемых подвергали болевой стимуляции, изображения, полученные с помощью функциональной магнито-резонансной томографии, показывали сильное увеличение активности в нескольких отделах мозга, связанных с восприятием боли (справа и вверху, ближние снимки). Но если в это время пациенты пребывали в виртуальной реальности, болевая активность мозга была невысока (справа и внизу, дальние снимки).

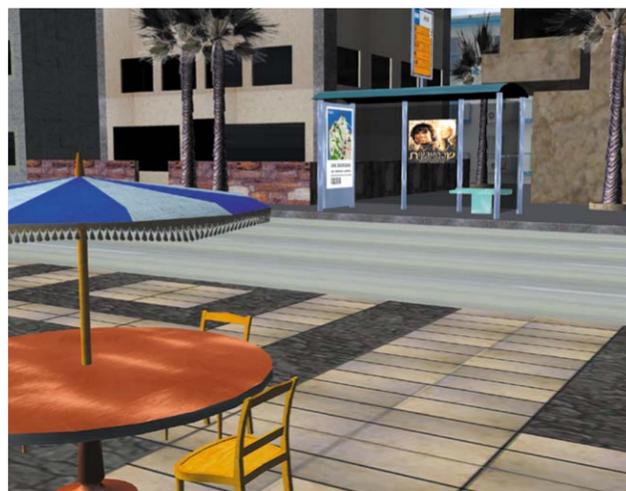


подвергшихся короткой болевой стимуляции посредством прикрепленного к ступне электронного нагревательного элемента. Когда на пациентов воздействовали тепловые стимулы без применения виртуальной реальности, они сообщали, что чувствуют сильную боль и большую часть времени думают о ней. Как и следовало ожидать, с помощью ФМРТ было выявлено значительное усиление активности в пяти структурах головного мозга, связанных с восприятием боли: островке, таламусе, первичной и вторичной соматосенсорной коре и в чувствительной зоне поясной коры.

В ходе исследования мы создали виртуальные очки и волоконнооптический шлем из немагнитных

непроводящих материалов, на который не влияли мощные магнитные поля внутри системы ФМРТ. С помощью данных приборов мы обнаружили, что когда при воздействии теплового стимула испытуемые погружались в «Мир снега», болевая активность в мозгу значительно снижалась (одновременно уменьшались и показатели субъективной оценки болевых ощущений). Таким образом, полученные результаты показали, что виртуальная реальность изменяет не только восприятие людьми болевых сигналов: эти программы снижают уровень болевой активности в головном мозге.

Ученые установили также, что виртуальная реальность способна облегчать страдания пациентов



Программа виртуальной реальности, воссоздающая взрыв автобуса, предназначена для лечения посттравматического стресса у выживших жертв терактов в Израиле и Испании. Постепенно приучая пациентов к реалистичным образам и звукам, характерным для этой ситуации, программа помогает им осознать, пережить и в конце концов преодолеть мучительные эмоции, связанные с реальным событием

при крайне мучительной урологической процедуре прямой цистоскопии, во время физиотерапевтических процедур после хирургических вмешательств на мышцах и сухожилиях, в ходе стоматологических операций, а также у больных, перенесших инсульт.

### Виртуальная реальность против страха

Еще одна область терапевтического использования виртуальной реальности — лечение фобий путем демонстрации пациентам графических изображений объектов, вызывающих у них непреодолимый страх. Такой прием впервые был использован для лечения людей, боящихся высоты, воздушных полетов и публичных выступлений, а также ветеранов Вьетнамской войны с хроническим посттравматическим стрессом. Как и виртуальные программы по борьбе с болью, эта форма терапии способна менять у пациентов привычный ход мыслей, поведение и восприятие информации.

Работая с программами, мы обнаружили, что погружение в виртуальную реальность успешно избавляет пациентов от страха пауков. Наша первая больная с «паукобоязнью» под вымышленным именем мисс Маффит страдала таким тревожным расстройством 20 лет и приобрела за это время ряд форм навязчивого поведения. Чтобы избавиться от пауков, она непрестанно дезинфицировала свой автомобиль и опрыскивала его пестицидами. Каждый вечер она тщательно осматривала спальню на предмет возможного присутствия насекомых, а затем наглухо закрывала окна и заклеивала их липкой лентой. Куда бы ей ни доводилось попасть, она тут же принималась за поиск паукообразных и избегала ходить по дорогам, где они могли бы ей повстречаться. Выстирав одежду, она тут же складывала ее в пластиковый мешок, а затем проверяла еще раз, нет ли в ней пауков. Год от года состояние пациентки ухудшалось. Когда мисс Маффит перестала уже выходить из дома, она поняла, что пора обращаться к специалистам.

Как и другие формы экспозиционной терапии, лечение с помощью виртуальной реальности предполагает постепенное приучение человека, страдающего той или иной фобией, к объектам и ситуациям, вызывающим у него страх. Мало-помалу боязнь исчезает, и пациент успокаивается. На первых терапевтических сеансах он видит, как в виртуальной кухне сидит виртуальный тарантул, и, перемещаясь в трехмерном пространстве с помощью джойстика, старается «подойти» к объекту своих страхов как можно ближе. Его

цель — приблизиться к пауку на расстояние вытянутой руки.

На последующих занятиях пациент надевает перчатку, отслеживающую перемещения руки и позволяющую компьютерной программе создать ее изображение (киберруку) в пространстве виртуальной кухни. Больной манипулирует киберрукой, стараясь дотронуться до паука, а тот издает писк и отползает в сторону. Затем пациент виртуальной рукой поднимает лежащую на полу вазу; когда он ее отпускает, сосуд остается висеть в воздухе, но в это время из него выползает виртуальный тарантул. Когда паук падает на пол, раздается звуковой эффект из классического фильма ужасов «Психоз». Пациент выполняет каждое задание до тех пор, пока не перестает испытывать тревогу, и только после этого переходит к следующему этапу. На заключительных терапевтических сеансах его ждет еще одно новшество — тактильная (осязательная) обратная связь с виртуальной реальностью. Перед ним подвешивается игрушечный паук с электромагнитным позиционным датчиком, благодаря чему больной, дотрагиваясь киберрукой до виртуального насекомого, может чувствовать мохнатое существо.

Всего через 10 сеансов страха мисс Маффит заметно поутихли, а вместе с ними исчезло и неадекватное поведение. Пациентка добилась потрясающих успехов: она смогла (почти не испытывая тревоги) в течение нескольких минут держать на ладони живого паука, который даже заполз ей на плечо. В проведенном позднее исследовании значительное ослабление страха пауков отмечалось у 83% пациентов. До лечения эти люди не могли заставить себя подойти к садку с живым тарантулом ближе, чем на три метра. После курса виртуальной терапии они спокойно подходили вплотную к клетке и, не испытывая особой тревоги, дотрагивались до дверцы. Некоторые даже отваживались ее открывать.

Аналогичные компьютерные программы можно использовать и для лечения более серьезных психических нарушений — посттравматического стрессового расстройства (ПТСР). Симптомы заболевания включают в себя острые воспоминания о травматическом событии, сильные реакции на любые факторы, символизирующие или напоминающие происшествие, замкнутость, эмоциональную глухоту и раздражительность. Такое изнурительное состояние отражается на жизни и работе человека и поддается лечению гораздо труднее, чем различные формы фобии. Значительных успехов в лечении ПТСР

позволили добиться методы когнитивно-поведенческой терапии — такие, например, как продолжительная экспозиционная терапия. Метод помогает пациентам осознать, пережить и ослабить эмоции, связанные с памятью о травматическом событии. Врач постепенно приучает больного к раздражителям, активирующим такие эмоции, и обучает его управлять нежелательными реакциями.

Сегодня специалисты пытаются выяснить, можно ли с помощью программ виртуальной реальности добиться повышения результативности лечения больных — особенно таких, которые не поддаются воздействию традиционными способами. Исследователи из Корнеллского университета разработали метод виртуально-реальной экспозиционной терапии для молодой женщины, которая во время террористического акта 11 сентября 2001 г. находилась в одном из зданий Всемирного торгового центра и у которой впоследствии развилось ПТСР. Во время лечебных сеансов пациентка надевала шлем виртуальной реальности, позволявший ей видеть и слышать, как над башнями Центра пролетают реактивные самолеты, как они врезаются в здания и взрываются. Хотя состояние больной постепенно улучшилось, чудовищные сцены, показанные ей на заключительных сеансах, —



Страх перед публичными выступлениями можно устранить с помощью программы, разработанной компанией *Virtually Better*, поставляющей свои разработки психологам и психиатрам. Президент компании выступает перед виртуальной аудиторией, присутствующей на дисплее его шлема и на компьютерном мониторе



«Мир паука» — программа виртуальной реальности, призванная помочь фобическим пациентам преодолеть страх перед паукообразными. Дисплей, встроенный в шлем виртуальной реальности на голове пациентки, демонстрирует изображения иллюзорного паука (один из кадров программы показан на заднем плане). Чтобы обеспечить тактильную обратную связь с виртуальной реальностью, система отслеживает положение игрушечного паука (его держит в руке автор статьи), благодаря чему больная может «дотронуться» до виртуального тарантула

выпрыгивающие из горящего здания люди, крики и вой сирен — по-прежнему вызывали у нее сильную тревогу. Но эти раздражители могут помочь пациентке вспомнить подробности ужасных событий и под руководством терапевта ослабить дискомфорт, связанный с воспоминаниями о случившемся.

### Перспективы

Действенность виртуальной реальности при лечении различных фобий уже доказана десятками исследований и открывает путь к широкому клиническому использованию метода. Вместо того чтобы ложиться на кушетку и тихо беседовать с врачом, сегодня пациенты интерактивно



Перевязочная в Ожоговом центре Харборвью в г. Сиэтл. Программа виртуальной реальности помогает облегчить боль во время обработки раны. Надев на голову шлем виртуальной реальности и зажав в руке джойстик, пациент работает с программой «Мир снега», разработанной для облегчения боли. Исследования показывают, что такие программы более эффективно, чем видеоигры, отвлекают внимание пациентов от страданий во время перевязки ран

противостоят своим страхам, летая при этом на виртуальных самолетах или выступая перед огромной иллюзорной аудиторией. Компьютерная компания *Virtually Better* уже создала программы для лечения самых разнообразных тревожных расстройств: страха высоты, воздушных перелетов и публичных выступлений.

С другой стороны, для того чтобы выяснить, действительно ли виртуальная реальность помогает при лечении ПТСР, требуются дополнительные исследования. Однако ряд ведущих специалистов в этой области мало-помалу начинают осознавать преимущества нового метода. Серьезные клинические испытания необходимы и для оценки эффективности виртуальной анальгезии при лечении ожогов. Наше исследование показало, что программа «Мир снега» совершенно безвредна и не оказывает никаких побочных действий. А поскольку она обычно дополняет традиционное лечение ожоговых больных опиоидами, виртуальная реальность может впоследствии помочь им преодолеть наркотическую

зависимость и более стойко переносить болезненную обработку ран и физиотерапевтические процедуры, ускоряющие выздоровление. Высококачественные системы обезболивающей виртуальной реальности стоят пока очень дорого, но мы надеемся, что прорыв в области дисплейных технологий приведет в ближайшие годы к их существенному удешевлению. А пациенты, подвергающиеся менее болезненным операциям (например, стоматологическим), могут использовать более дешевые системы.

Иллюзии, создаваемые терапевтическими программами виртуальной реальности, своей причудливостью не идут ни в какое сравнение с фантастическим миром фильма «Матрица». Но и в наши дни они достигли достаточно высокого уровня развития, чтобы помогать людям превозмочь боль, страхи и негативные воспоминания. Не исключено, что в будущем эти программы найдут применение и в других областях медицины. ■

(В мире науки, № 11, 2004)

# ЧТЕНИЕ МЫСЛЕЙ

Филип Росс

Возможно, в недалеком будущем машины смогут сканировать мозг и улавливать простейшие мысли, отделяя факты от вымысла

Представьте себе мир, в котором правда была бы всем очевидна, а суды, полиция, дверные замки и газетные сплетни исчезли бы навсегда. Человеческое общество стало бы строго упорядоченным, скучным и столь же чуждым нам, как муравейник.

Таковы радужные и одновременно удручающие перспективы создания аппаратов, читающих мысли. Старый добрый детектор лжи, основанный на полиграфической регистрации, так и не оправдал надежд. Он считывает не мысли, а лишь косвенные физиологические показатели, в том числе кровяное давление и дыхание, по которым можно предположить, что человек говорит неправду. А в результате честный ответ можно ошибочно счесть ложным и, наоборот, ложь признать истиной. Суды до сих пор не принимают результаты тестирования на детекторе лжи в качестве доказательства. Национальный исследовательский совет США признал бесполезность этого «тупого инструмента» для выявления преступников, шпионов и террористов.

Греческий философ Диоген бродил «днем с огнем» в поисках честного человека. Но стоит ли светить лампой человеку в лицо, если можно заглянуть прямо в его мозг? Там можно не только отличить правду от лжи, но и заглянуть в душу, различить в смятенном подсознании подавленные страхи и желания и даже воочию наблюдать озарения и ошибки в голове студента, решающего математическую задачу.

Идея заглянуть прямо в мозг, чтобы отличить истину от обмана, родилась лет 20 назад, когда Питер Розенфельд (J. Peter Rosenfeld) из Северо-Западного университета, анализируя электроэнцефалограмму (ЭЭГ), т.е. изображение электрических сигналов, регистрируемых с поверхности головы, обнаружил интересное явление. В то время уже было известно, что в ответ на неожиданный сигнал (например, если человек слышит свое имя в ряду других слов) в мозгу возникает волна, называемая *P300*. Розенфельд обнаружил, что ложь вызывает такую же реакцию. В настоящее время он работает над картированием *P300* по

поверхности головы, что позволит достичь достаточного пространственного разрешения и повысить чувствительность теста.

В 1996 г. научный обозреватель, автор ряда пророческих высказываний Дэвид Джонс (David Jones), известный под псевдонимом Дедал, писал: «Современный магнитно-резонансный томограф может оказаться идеальным детектором лжи. Изречение правды активирует только один участок мозга, а ложь задействует сразу два: тот, что «ответственен» за ложь, и тот, где скрыта правда».

Пятью годами позже исследователи из Пенсильванского университета применили метод функционального ядерного магнитного резонанса (фЯМР) для изучения мозга испытуемых, которым предлагали ответить на ряд вопросов. Сначала они должны были лгать, а затем говорить только правду. Полученные при этом изображения мозга усредняли и сравнивали. Выяснилось, что одни области мозга активировались в обоих случаях, а другие участки были задействованы только при попытке солгать. Можно предположить, что правда является неким исходным состоянием, а обман представляет собой определенное действие, которое вы совершаете с правдой. Исследователи указывают на то, что некоторые области, активирующиеся только при ложных ответах (в частности, передняя поясная кора и верхняя лобная извилина), связаны с подавлением реакции, поскольку когда мозг решает выбрать один из двух противоречащих друг другу ответов, он должен подавить другой.

В соответствии с данной теорией «когнитивной нагрузки», когда актера Шона Коннери в ходе съемок фильма о Джеймсе Бонде спрашивают о его имени, его первое побуждение — ответить «Шон Коннери», и требуется некоторое усилие, чтобы подавить эту реакцию и произнести: «Бонд. Джеймс Бонд».

Подобные исследования ведет ряд других научных групп. Специалисты из Центра нейробиологии и поведения Колумбийского университета также изучают применение фЯМР для детекции лжи. Недавно они предоставили мне

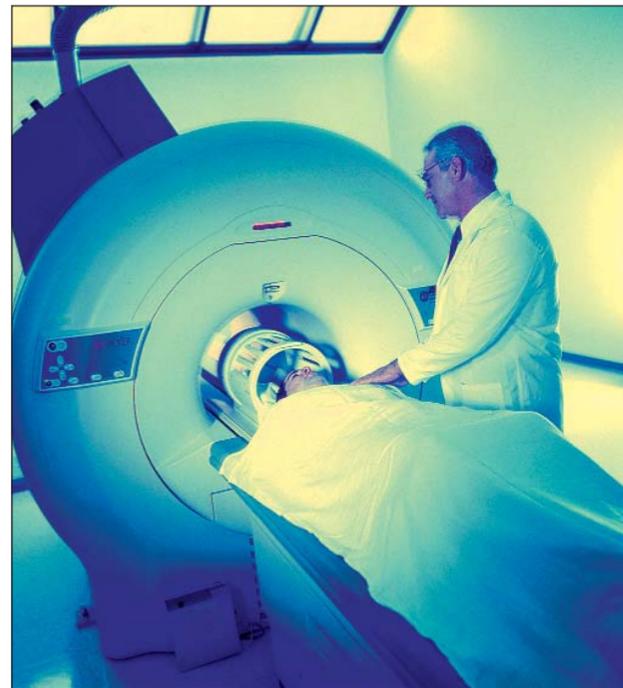


возможность испытать это на себе: меня связали, поместили в центр огромного, громко шумящего магнита и стали задавать вопросы о цвете моих глаз, месте жительства и других мелочах. В одной серии экспериментов я отвечал правдиво, а в другой давал ложные ответы, и усредненные показатели, полученные в обоих случаях, существенно различались.

Однако никто из специалистов еще не достиг возможности уличить обманщика в конкретной лжи. Рано говорить о применении данного метода на практике, поскольку сама концепция еще не проверена.

В принципе, томографическое картирование мозга предпочтительнее, чем детектор лжи. Во-первых, оно не вызывает состояния тревоги, в то время как работа детектора лжи основана именно на нем: прибор часто используется как для запугивания, так и для «измерения» страха. Во-вторых, сканирование мозга выявляет процесс, который гораздо больше связан с мышлением, нежели такие показатели, как частота пульса и дыхания, электрическая проводимость кожи и т.д.

Тем не менее даже фЯМР регистрирует не саму активность нейронов, а лишь содержание



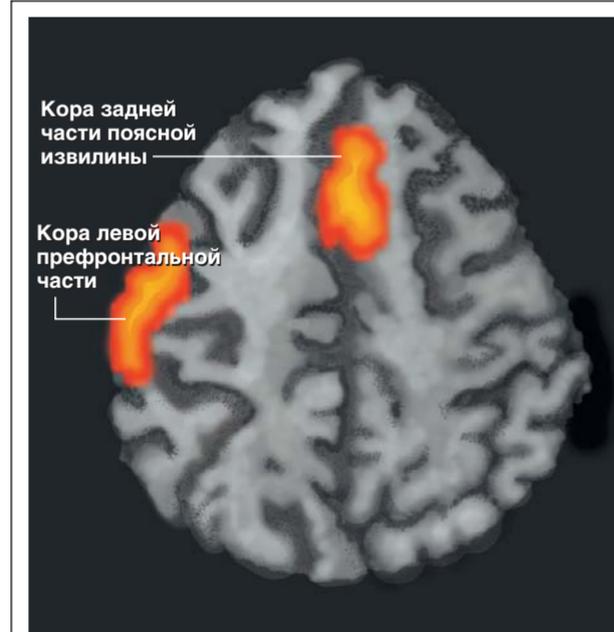
Сканирование мозга с помощью томографа выявляет процесс, который гораздо больше связан с мышлением, нежели такие показатели, как частота пульса и дыхания, электрическая проводимость кожи и т.д., регистрируемые детектором лжи

кислорода в кровотоке. Точнее, измеряет соотношение объемов крови, насыщенной кислородом и лишенной его. Аппарат может выявить метаболическую активность с хорошим разрешением — порядка четырех миллиметров, однако данный метод фиксирует процесс, длящийся порядка двух секунд. Но чтобы «поймать мысль», этого недостаточно — здесь необходима регистрация сигналов длительностью всего в миллисекунды, дающая моментальный снимок, скажем, распределения ионов кальция в нейронах. Однако чтобы обнаружить такой сигнал, потребуются более сильные магниты, чем аппарат Ленглебена, чья мощность составляет 4 Тесла. Но магнитов такой мощности, к тому же достаточно больших, чтобы в них поместился человек, не существует, кроме того, их применение никогда не будет разрешено из соображений безопасности. Исследователи утверждают, что эксперименты на людях с применением томографов мощностью в 20 Тесла проводиться не будут, поскольку такой прибор может оказывать стимулирующее воздействие на вестибулярную систему, вызывая головокружение, или провоцировать нагревание мозга, что повлияет на результаты исследования.

Другой подход, позволяющий получить хорошее разрешение как в пространстве, так и во времени, — регистрация и сопоставление результатов исследований, полученных одновременно с помощью фЯМР и ЭЭГ. Если бы ученые добились этого, то смогли бы отказаться от фЯМР и использовать только сигнал ЭЭГ, что в 10 раз дешевле.

Хотя современный томограф еще не может уличить лжесвидетеля или неверного супруга, его возможностей вполне достаточно, чтобы разгадать некоторые простые мысли. Техника биологической обратной связи уже позволила научить обезьян посылать через Интернет нервные импульсы и управлять рукой робота — для этого им в область мозга имплантировали электроды, контролирующее движение. Нейробиологи из Тюбингенского университета в Германии сообщили об успешном использовании методов биологической обратной связи, которые дают возможность парализованным больным выводить предложения на экран компьютера путем изменения своих мозговых волн.

Но искусство чтения мыслей должно пойти дальше — необходимо улавливать слово или представление непосредственно в том виде, как они возникают в мозгу. Марсель Джаст (Marcel A. Just) из Университета Карнеги-Меллона утверждает, что добился этого с помощью фЯМР,



На графическом изображении среза мозга цветом выделены два участка, активность которых повышается, когда человек отрицает, что на руках у него «пять треф».



введя в работу небольшое число очень простых понятий, — названий плотницких инструментов, например, или различных типов построек. «Мы выбрали 12 категорий понятий и можем с точностью до 80–90% определить, о какой из них испытуемый думает в настоящее время», — объясняет он. Еще лучше получается угадать, читает ли человек понятное предложение или двусмысленное, думает ли он о глаголе или о существительном.

Том Митчел (Tom Mitchell), коллега Джаста и специалист по компьютерам, изобрел способ классификации сложных томографических изображений мозга. Он анализирует их с помощью нейронных сетей — программы, способной автоматически обучаться считыванию образов. «Если уже возможно с некоторой степенью точности вычленять отдельные слова, то мы должны научиться и читать целые предложения», — говорит Митчел. Дело в том, что структура предложения ограничивает возможности нейронной сети. «Если вы знаете, что в предложении два слова, то одно должно быть глаголом, а другое — существительным».

В планах Митчела поставить эксперимент, который позволит обнаружить слова, создающие наиболее отчетливые паттерны активности мозга. Такие слова могли бы стать «строительными кирпичиками» нейронного интерфейса, подобно тому, как в ранних протоколах систем

распознавания голоса с ограниченным словарем предпочтение отдавалось хорошо различимым английским словам.

Если такая система распознавания понятий будет создана, ее можно объединить с программным обеспечением выявления лжи на основе фЯМР и спроектировать более совершенный прибор, который в перспективе позволит стражам порядка не только определить, что преступник (скажем, грабитель банка) лжет, но и узнать, где спрятано украденное.

И все же мозговой декодер не позволит осуществлять настоящую телепатию. Английское предложение, спроецированное в мозг человека, не владеющего этим языком, покажется ему тарбарщиной. Кроме того, каждый человек говорит сам с собой на особом, одному ему понятном языке, со своими условными обозначениями, сокращениями и эмоциональными ассоциациями.

Создание идеального детектора лжи грозит вторжением в тайники человеческой души. Возможно, такая опасность окажется столь мощной сдерживающей силой для потенциальных лжецов, что применение аппарата не потребуется. По мнению Дедала, детектор лжи, подобно атомной бомбе, лучше держать в качестве социального оружия на крайний случай. Если его начнут широко применять вне зала суда, общественная жизнь станет совершенно невозможной. ■

(В мире науки, № 12, 2003)



# МОЗГ: СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИИ

## II

За последние два десятилетия нейробиологи  
добились фантастических успехов  
в понимании связи между процессами познания  
и анатомической организацией мозга





# УПРАВЛЯЮЩИЙ МОЗГ

Элхонн Гольдберг

Если начало XX в. было эпохой физики, а его конец – эпохой биологии, то начало XXI в. стало эрой расцвета науки о мозге и психике

## Становление нейронауки

Если проследить историю естественных наук, станет очевидным, что все они развивались примерно по одному пути: от визуального наблюдения и описания внешних характеристик объектов до инструментального наблюдения, изучения механизмов явлений и их моделирования. Если начало XX в. было эпохой физики, а его конец — эпохой биологии, то начало XXI в. стало эрой расцвета наук о мозге и психике. Так же развивалась и нейронаука, которая исследует микрокосм нашего мозга, где заключена модель внешнего мира и пределы его познания. Нейронаука начала развиваться несколько позже других дисциплин, поскольку объект ее изучения оказался значительно сложнее, чем у химии, биологии или физики. Примечательно, что можно провести некоторые параллели между формированием представлений о мозге и развитием его структур, усложнением связей между ними и усовершенствованием их функций (см.: Гольдберг Э. *Управляющий мозг. Лобные доли, лидерство и цивилизация*. М.: Смысл, 2003. Авторизованный пер. с англ. Дмитрия Бугакова; с изд. *The Executive Brain*. Oxford University Press, 2001; Goldberg E. *The Wisdom Paradox*. Gotham books, 2005).

## Методы исследований

Человеческий мозг контролирует как различные физиологические процессы, протекающие в организме, так и сознание, способность к обучению и самосовершенствованию. Он отвечает не только за речь, движения, восприятие, память, но и за свойства, определяющие личностные качества, характеризующие человеческую сущность, — влечение, амбиции, волю, способность принимать решения и предвидеть последствия своих поступков, самооценку, соблюдение социальных норм и т.д.

Для изучения динамических аспектов взаимосвязи процессов, проходящих в мозге, и поведения используются методы функциональной визуализации, основанные на новейших технологиях. Функциональное магнитно-резонансное сканирование, позитронно-эмиссионная томография и компьютерная однофотонная томография (с помощью

эмиссии одиночного фотона) дают сходную информацию, но с разной степенью точности.

Основываясь на различных физических принципах (от радиоактивного излучения вещества до изменения локальных магнитных полей), эти методы позволяют наблюдать многообразные формы активности в разных областях человеческого мозга во время решения всевозможных когнитивных задач. Внедрение функциональной нейровизуализации впервые в истории позволило непосредственно наблюдать мыслительный процесс.

Сочетание новых методов с традиционными (в том числе с тестированием и сравнительным анализом, основанным на изучении поврежденного мозга) и генетическими вывело науку на новый уровень развития. Однако пока аппаратура стоит слишком дорого (особенно предназначенная для проведения позитронно-эмиссионной томографии, требующей наличия ускорителя), что ограничивает ее применение в клинической и исследовательской практике. Поэтому активно внедряются существенно менее дорогие приборы, например, предназначенные для проведения функциональной магнитно-резонансной томографии, сканирования и других видов магнитной энцефалографии. Все это дает возможность исследовать процессы, происходящие в человеческом мозге, на макроскопическом уровне. Пока мы не имеем возможности изучить все глубины мозга, каждый кубический миллиметр которого содержит миллионы нейронов, задействованных в различных механизмах поведения и мышления и вступающих в сложнейшие взаимодействия. Познание же микроскопической структуры будет со временем осуществлено интегральными, высокотехнологичными методами, такими, как моделирование нейронными сетями, которые используются для глубокого изучения процессов, протекающих в мозге. От примитивного моделирования на бумаге, не способного отразить сети большой сложности, исследователи перешли к компьютерному моделированию, представляющему своеобразный гибрид теории с экспериментом. Таким образом, теоретическая модель создается

как компьютерная программа, применяемая в заданных условиях. Имитация поведения исследуемого объекта позволяет выявить динамические свойства модели и сделать соответствующие выводы. Соединение дедуктивных и экспериментальных методов может стать оптимальным способом проникновения в микроструктуру мозга. Так вычислительная нейронаука меняет лицо теоретической дисциплины.

До сих пор теории психологии и неврологии описывались словесно и фиксировались на бумаге и других носителях, теперь же они принимают квазиматематическую форму. Из всех новых направлений когнитивной нейронауки развитие вычислительных методов является наиболее перспективным, но особо пристальное внимание ученых привлекают формальные нейронные сети.

Математические модели стали неотъемлемой составляющей теоретической нейронауки, подкрепленной расширяющимися возможностями экспериментальных исследований, в свою очередь базирующихся на высокотехнологичном оборудовании и точнейшей аппаратуре.

### Великий дирижер

Исторически лобные доли сформировались на позднем этапе эволюции нервной системы, достигнув у человека (и в некоторой степени у высших приматов) вершин своего развития. Они ответственны как за многие процессы, протекающие в мозге, так и за различные формы поведения человека. Серьезные нарушения функций лобных долей, возникающие в результате неврологического заболевания, генетических отклонений или повреждения мозга, зачастую приводят к трагическим последствиям, психическим заболеваниям, а также к асоциальному поведению.

Интересна история исследований этой области мозга, которая отличает сознание человека от других животных. В неврологической науке начала XX в. превалировала довольно наивная точка зрения: исследователи считали, что лобные доли не играют никакой роли в работе мозга. Их пренебрежительно называли бездействующими.

Подобные представления не позволяли понять значение лобных долей, которые в отличие от других отделов мозга не связаны ни с какими легко определяемыми узкими функциями, присущими другим, более простым областям коры головного мозга, например сенсорным и моторным. Однако они координируют действия других нейронных структур и играют роль дирижера мозгового оркестра, который не играет ни на одном инструменте, но только благодаря ему весь оркестр звучит гармонично.

Лобные доли — это своеобразный командный центр мозга. Потребность в подобном «органе управления» возникла вследствие совершенствования различных отделов мозга, усложнения систем взаимодействия между ними и развития сознания.

Кора головного мозга попала в центр внимания исследователей не так давно — когда стало очевидным, что на лобные доли возложены сложнейшие функции управления. Точнее, эту роль играет лишь часть лобных долей, так называемая префронтальная кора. Лобные доли регулируют поведение высшего порядка — определение цели, постановку задачи и поиски путей ее решения, оценку результатов, принятие сложных решений, целеустремленность, лидерство, ощущение своего Я, самоидентификацию. Поэтому повреждение этих отделов может привести к апатии, безразличию, инертности. Неполноценность функций лобных долей может оказаться пагубной для человека.

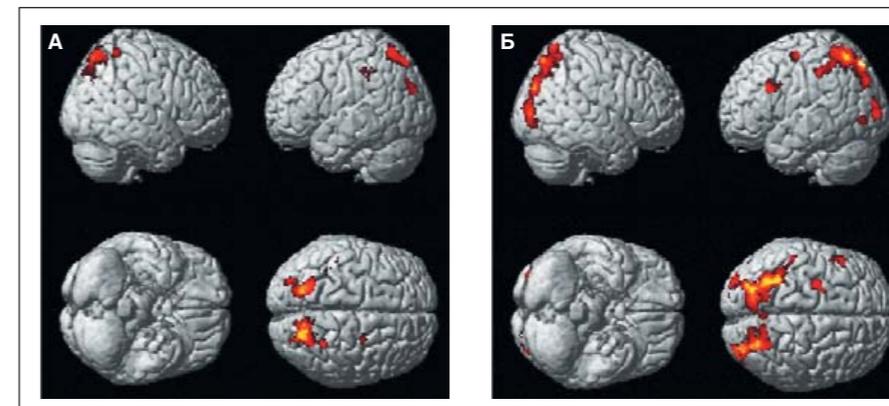
### Сознание и внимание

Сознание неотделимо от внимания, т.е. в обоих случаях действуют похожие механизмы: возникает взаимодействие между лобными долями, стволом мозга и остальными (внелобными) корковыми областями. Представьте себе человека, который держит в руке фонарь и освещает им сцену. Фонарик — это мозговые ствольные центры. Сцена, которая освещается, — области коры головного мозга вне лобных долей, а рука, которая держит фонарик и направляет свет, это и есть лобные доли.

Эволюционно они начали развиваться и играть ведущую роль в мозговом оркестре на весьма поздней стадии развития.

### Новая кора

Новая кора (неокортекс), сформировавшаяся в процессе эволюции, выполняет разнообразные функции и играет немаловажную роль в переработке поступающих в мозг данных. Она состоит из четырех основных долей, каждая из которых связана с определенным типом информации. Затылочная доля ответственна за переработку зрительных образов, теменная — за тактильную информацию, лобная — за двигательные функции, а височная имеет дело со звуками. На поздней стадии эволюционного развития возникает речь (за нее отвечают области новой коры) и развиваются управляющие функции. Соотношение лобных долей и общего объема мозга у человека и приматов показывает, что префронтальная кора (или ее аналоги) занимает у людей 29%, у шимпанзе — 17%, у макак и гиббонов — 11,5%, у лемуру — 8,5%, у собак — 7%, у кошек — 3,5%.



Снимки функциональной магнитно-резонансной томографии мозга при выполнении задачи, не задействующей лобные доли (А), и при выполнении задачи, задействующей лобные доли (Б).

Почему именно префронтальная кора взяла на себя руководящую и направляющую роль в работе мозгового оркестра? Причин множество, но одной из самых существенных могла стать разветвленная сеть проводящих путей, позволяющая лобным долям координировать работу всех остальных мозговых структур. Поэтому, вследствие уникального богатства связей с различными областями мозга, заболевания, первичная патология которых локализована где-то вне лобных долей (даже в подкорке), могут вызывать дисфункции лобных долей. Такая взаимосвязь подвергает их особому риску и позволяет сгруппировать причины таких, казалось бы, разных симптомов, как инертность при паркинсонизме, импульсивность при синдроме Туретта, рассеянность при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью, отсутствие эмпатии или понимания внутреннего мира других при аутизме или хронической шизофрении: все они являются следствием вторичных расстройств функции лобных долей.

### Размер черепа

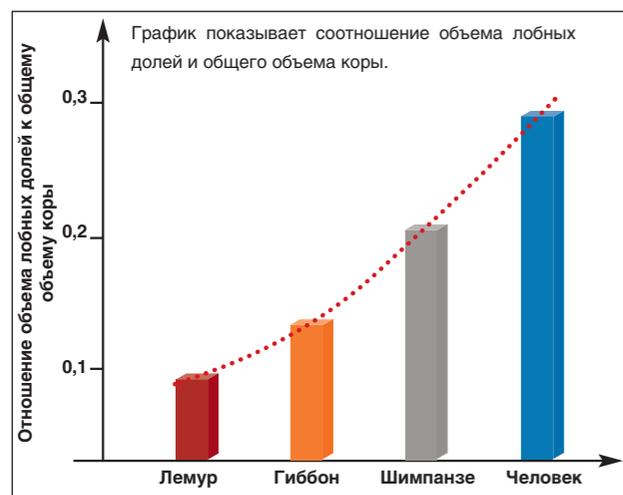
Считается, что люди с узким лбом склонны к насилию или психически неполноценны, в то же время образ высоколобого человека ассоциируется с интеллектуалом, мыслителем, мудрым и уравновешенным представителем рода *Homo*.

На самом деле индивидуальные различия на уровне френологии (науки, утверждающей, что на основе краниометрических данных можно судить о психических свойствах) не выявлены, а размер черепа и мозга не может служить индикатором психического состояния человека или его склонностей к определенному типу поведения. Мозг Тургенева, например, был одним из самых больших, описанных в истории, а у Эммануила Канта и Анатоля Франса мозг был маленький. Но это никак не повлияло на их таланты и род деятельности, а также ни в коей мере не ска-

залось на их роли и месте в мировой культуре. Но с другой стороны, если рассматривать функционирование различных отделов мозга, то, как показывают результаты исследований, изменения (вследствие травмы, физиологических дефектов развития, перенесенного заболевания, генетических особенностей) в том или ином отделе мозга могут повлиять на поведение или психическое состояние индивида. Но дело не в самом объеме мозга, а в процессах, происходящих в нем, которые приводят к таким результатам. Например, у преступников-маньяков достаточно часто встречаются патологии лобных долей. У психически нездоровых людей лобные доли по структуре иные, чем у нормальных, и физиологически менее активны, т.е. дисфункция лобных долей косвенно создает когнитивный контекст, в котором асоциальное или преступное поведение более вероятно.

### Пластичность мозга

Новые данные показывают, что мозг намного более пластичен, чем предполагалось ранее. Более того, пластичность мозга в высокой мере регулируется средой. Недавно в журнале *Nature* была опубликована статья о том, что у лондонских водителей такси гиппокамп — область мозга, связанная, в частности, с памятью (гиппокамп обычно поражается при болезни Альцгеймера и ряде других болезней), — больше, чем у других нормальных людей. Размер гиппокампа был прямо пропорционален длительности стажа вождения такси. Скорее всего это результат того, что таксистам приходится запоминать сложные маршруты. Вытекает ли из этого, что, скажем, у министров, специфика деятельности которых связана с постоянным интеллектуальным напряжением, необходимостью принятия серьезных политических решений и предвидения их последствий, лидерством, социальной ответственностью и т.д., увеличены лобные доли?



### Болезнь души

То, что до недавних пор считалось болезнью души, теперь классифицируется как поражение различных отделов мозга, в том числе и лобных долей. Нередко шли дискуссии о том, к какой группе отнести того или иного больного: к «органикам», т.е. имеющим физиологические поражения мозга, или к шизофреникам (шизофрения — одно из самых тяжелых и распространенных психических заболеваний). Сейчас вопрос так не ставится. Исследования показали, что шизофрения — заболевание мозга, в значительной степени его лобных долей и проводящих путей, соединяющих их с другими областями мозга.

Сотни миллиардов клеток (нейронов и глиальных клеток) человеческого мозга связаны между собой проводящими путями (дендритами и аксонами), как локальными, соединяющими близлежащие клетки, так и длинными, связывающими отдаленные нейронные структуры. В процессе коммуникации электрический импульс в нейроне преобразуется в химический. Таким образом биохимические субстанции (нейротрансмиттеры и нейромодуляторы) ответственны за взаимодействие между нейронами. Этот процесс очень сложен, и любой сбой на пути прохождения сигнала может привести к прямому или опосредованному поражению того или иного участка мозга.

Малейшее нарушение соединения лобных долей со стволовыми структурами, с многочисленными ядрами, которые как бы служат фундаментом для построения сложной системы проводящих путей, приводит к развитию обратимых или необратимых процессов. Так, выяснилось, что шизофрения в какой-то степени связана с недоразвитием или с патологическим развитием проводящих путей лобных долей.

Нейровизуализация с помощью магнитно-резонансной, компьютерной рентгеновской, позитронной эмиссионной и однофотонной эмиссионной томографии и электроэнцефалографии позволяет обнаружить малейшие структурные и физиологические повреждения различных областей мозга, в том числе лобных долей. Позитронно-эмиссионные томографические исследования, например, показали, что при депрессии физиология лобных долей нарушается. Также доказано, что дисфункция лобных долей может привести к асоциальному поведению, неспособности отличать «хорошее» от «плохого» на поведенческом уровне (речь идет о расхождении между формальным знанием и способностью на его основе корректировать поведение).

Лобные доли поражаются при шизофрении, травматических повреждениях головного мозга, синдроме дефицита внимания, болезни Альцгеймера и других деменциях (деменция от лат. *dementia*, где *de* — приставка, означающая отсутствие, утрату, и *mens* — ум, — стойкое снижение познавательной деятельности с утратой в той или иной степени ранее усвоенных знаний и практических навыков и затруднением или невозможностью приобретения новых), т.е. слабоумии. Часто при слабоумии наблюдается лобно-базальный синдром, который характеризуется эмоциональной неуравновешенностью пациентов, когда переход от эйфории к заторможенному состоянию происходит мгновенно, контроль над эмоциями ослаблен или отсутствует. Во всех болезнях, не поддававшихся ранее точному диагностированию, особую роль играют именно лобные доли, что указывает на то, что это физиологические, а не «душевные» недуги. Оказалось, что, с одной стороны, лобные доли ответственны за развитие большинства так называемых «душевных» болезней, с другой — возникал вопрос, как эти аномалии связаны с высшими формами сознания человека.

Парадокс в том, что процессы (в том числе познавательные), контролируемые сознанием, составляют порядка 5–10% всей мозговой деятельности, т.е. большая часть вычислительной работы и психических процессов не требует усилий и протекает автоматически, как если бы они управлялись автопилотом, т.е. не под контролем активного сознания, а на подсознательном, феноменологическом бессознательном уровне.

### Причины заболеваний

Что приводит к нарушениям работы мозга, психическим отклонениям, развитию тех или иных заболеваний? Особенности строения черепа и анатомия мозга таковы, что закрытые травмы головы

наиболее часто затрагивают именно лобные доли, особенно лобно-базальную кору. Однако это не единственные причины развития дисфункций, в том числе и тяжелых. Наряду с травмами к подобному эффекту могут привести повреждения верхних отделов ствола мозга, главных проводящих путей, идущих в лобные доли. Нередко развитию недугов способствуют различные заболевания, наследственные факторы (существует, например, врожденная предрасположенность к дисфункции различных областей мозга вследствие искаженных типов миграции нейронных клеток) или травмы, полученные в дорожно-транспортном происшествии, в драке, при занятиях боксом или экстремальными видами спорта и туризма.

Так, бокс, например, чреват множественными кровоизлияниями, что негативно сказывается на здоровье человека и его умственных способностях. Многократные удары по голове, особенно фронтальные, обычно провоцируют определенные повреждения мозга. Например, треморы паркинсоновского типа и дизартрия (неспособность четко выговаривать слова) у Мохаммеда Али свидетельствуют о поражении мозга. Такова цена славы. Сходные симптомы наблюдаются и у других боксеров. Компьютерная аксиальная и магнитно-резонансная томографии их мозга выявили нарушения, заметные даже при небольшом разрешении. Так, некоторые центральные структуры их мозга, например септум, буквально разбиты на две части, т.е. целостность головного мозга нарушена.

Современная наука, вооруженная последними достижениями экспериментальной физики и математического моделирования, создает новый образ мозга человека и способствует более глубокому пониманию его функций.

### Методы диагностики и лечения

Считается, что нервные расстройства, особенно те, что приводят к безумию, — самая страшная трагедия, которая может произойти с человеком, несопоставимая даже с потерей зрения, слуха или ампутацией.

Последние достижения науки позволяют проводить более точную диагностику. Поражения мозга, которые еще несколько десятилетий назад даже не распознавались, сейчас начинают точно диагностироваться, что способствует поиску новых путей терапевтического лечения. Развивается фармакологическая терапия, трансчерепная магнитная стимуляция, которую применяют для лечения депрессии и других заболеваний. А методы нейровизуализации позволяют нейрохирургам более успешно оперировать.

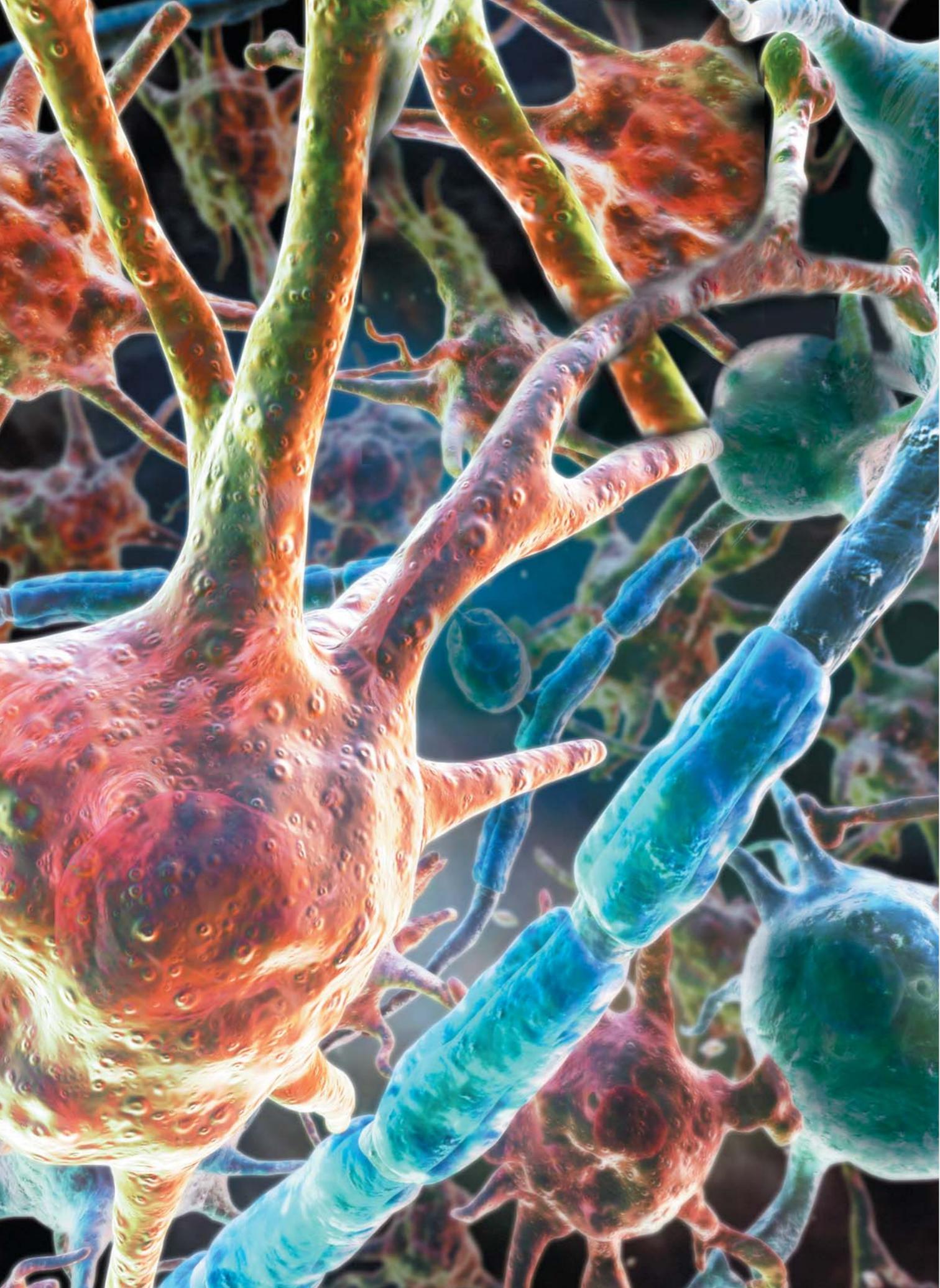
Прежде чем приступить к лечению, клиницисты должны идентифицировать симптомы и диагностировать заболевание. Многие современные методы диагностики, основываясь на ряде изобретений в области физики, компьютерном моделировании в сочетании с традиционными методами, позволяют получать информацию на уровне как макроскопической, так и микроскопической мозговой анатомии. Это дает возможность более гибко подходить к лечению различных психических заболеваний. Так, столь радикальные методы, как лоботомия, известная по роману Кена Кизи «Пролетая над гнездом кукушки», и инсулиновый шок, были заменены более щадящими, человечными.

Сегодня идентифицируют и те клинические состояния, которые ранее не считались заболеваниями: дислексия, синдромы нарушения внимания (СДВ), нарушения внимания с гиперактивностью, вызываемые дисфункцией лобных долей и проводящих путей. Действительно, аутизм также относится к заболеваниям нервной системы, но эта проблема гораздо более сложная, чем дислексия или нарушение внимания, при которых область дисфункции, в контексте общей нормальности, ограничена. Аутизм влечет за собой более серьезные изменения личности. Для лечения подобных заболеваний успешно применяются различные медикаментозные, физические и когнитивные формы терапии. Немаловажным стало признание того, что многие психические отклонения поддаются коррекции при помощи воспитания и образования.

Лобные доли играют важную роль в когнитивном развитии и обучении, от их сохранности зависит успешное освоение знаний, развитие внимания и правильная мотивация. Более глубокое изучение этих областей мозга открывает новые горизонты для лечения заболеваний, связанных с потерей «рабочей памяти», которые отчасти могут быть связаны с утратой лобными долями управляющих функций.

Несмотря на стремительное развитие науки, вряд ли мы скоро получим исчерпывающий ответ на вопрос о том, что такое сознание. Однако помочь в этом могут два основных фактора: во-первых, это оснащенность нейронауки высокоточными, простыми в эксплуатации приборами, во-вторых, наличие квалифицированных кадров, таких, каких воспитал в МГУ выдающийся ученый Александр Романович Лурия, оказавший влияние не только на всех российских психологов, но и на мировую науку в целом. ■

(В мире науки, № 1, 2004)



## ДРУГАЯ ЧАСТЬ МОЗГА

Дуглас Филдз

Клетки глии, на которые исследователи полвека не обращали никакого внимания, играют в процессах памяти, обучения и мышления не менее важную роль, чем нейроны

**В**недавно опубликованной книге «Облава на м-ра Альберта» (*Driving Mr. Albert*) рассказана подлинная история патологоанатома Томаса Харви, который в 1955 г. произвел вскрытие Альберта Эйнштейна. Выполнив работу, Харви самым непочтительным образом забрал мозг ученого домой, где в течение 40 лет хранил его в пластиковой банке с дезинфицирующей жидкостью. Время от времени патологоанатом отдавал маленькие срезы мозговой ткани исследователям из разных частей света, пытавшимся выяснить причины гениальности Эйнштейна. Когда Харви перевалило за 80, он погрузил остатки мозга в багажник своего «Бьюика» и повез возвращать их внучке гения.

Одной из тех, кто изучал срезы мозговой ткани Эйнштейна, была Мэриан Даймонд (Marian C. Diamond) — авторитетный гистолог из Калифорнийского университета в Беркли. Она установила, что числом и размерами нервных клеток (нейронов) головной мозг великого физика ничем не отличается от мозга обычного человека. Но в ассоциативной области коры, ответственной за высшие формы мыслительной деятельности, Даймонд обнаружила необычайно большое количество вспомогательных элементов нервной ткани — клеток нейроглии (глии). В мозге Эйнштейна их концентрация была намного больше, чем в голове среднестатистического Альберта.

Любопытное совпадение? Возможно. Но сегодня исследователи получают все больше данных, указывающих на то, что глиальные клетки играют гораздо более важную роль в деятельности мозга, чем предполагалось ранее. Долгие десятилетия все внимание физиологов было сосредоточено на нейронах — главных, по их мнению, передатчиках мозга. Хотя глиальных клеток в 9 раз больше, чем нейронов, ученые отводили им скромную роль элементов, поддерживающих жизнедеятельность мозга (транспорт питательных веществ из кровеносных сосудов в нейроны, поддержание нормального баланса ионов

в мозге, обезвреживание болезнетворных микробов, ускользнувших от преследования иммунной системы, и т.д.). Тем временем нейроны, поддерживаемые глией, общались друг с другом через крошечные контактные точки (синапсы) и формировали сложнейшие сети соединений, благодаря которым мы думаем, вспоминаем прошлое или испытываем радость.

Неизвестно, как долго просуществовала бы еще такая модель устройства мозга, если бы не недавно обнаруженные свидетельства того, что на протяжении всей жизни человека (от периода эмбрионального развития и до глубокой старости) нейроны и глия ведут весьма оживленный диалог. Глия влияет на образование синапсов и помогает мозгу определять, какие нервные связи усиливаются или ослабевают с течением времени (такие изменения напрямую связаны с процессами общения и долгосрочной памяти). Последние исследования показали, что глиальные клетки общаются идруг с другом, влияя на деятельность мозга в целом. Нейробиологи с большой осторожностью наделяют глию новыми полномочиями. Однако можно вообразить, какое волнение они испытывают при мысли о том, что большая часть нашего мозга почти не изучена и, следовательно, может еще раскрыть множество тайн.

### Глиальные клетки общаются с нейронами

Мы представляем себе нервную систему в виде переплетения проводов, соединяющих нейроны. Каждый нейрон снабжен одним длинным отростком — аксоном, переносящим электрические сигналы от тела нейрона к расширенным участкам на его конце — аксонным терминалям. Каждая терминаль высвобождает в синаптическую щель молекулы химического посредника — нейротрансмиттера, которые достигают соответствующих рецепторов на коротких ветвящихся отростках (дендритах) соседнего нейрона. Пространства между нейронами и аксонами заполнены массой

разнообразных клеток глии. К тому времени, как скончался Эйнштейн, нейробиологи уже подозревали, что глиальные клетки принимают участие в переработке информации, но доказательств у них не было. В конце концов они оставили глию в покое.

Причина того, что исследователи не смогли обнаружить обмен сигналами между глиальными клетками, отчасти была связана с несовершенством методик. Но главными виновниками неудач были сами нейробиологи, ошибочно считавшие, что если клетки глии наделены способностью к общению, то обмениваться информацией они должны точно так же, как и нейроны, — с помощью электрических сигналов. Предполагалось, что клетки глии тоже должны генерировать электрические импульсы (потенциалы действия), стимулирующие выброс в синаптическую щель нейротрансмиттеров, которые, в свою очередь, вызывают импульсы в других клетках. Исследователи обнаружили, что глиальные клетки обладают несколькими типами ионных каналов, ответственных за генерирование электрических сигналов в аксонах, но они предположили, что эти каналы нужны глии просто для того, чтобы чувствовать уровень активности соседних нейронов. Было установлено, что мембрана глиальных клеток не обладает свойствами, необходимыми для проведения потенциалов действия. Нейробиологи, однако, упустили из виду одно обстоятельство, которое удалось обнаружить только благодаря современным методам исследования: глиальные клетки передают друг другу сообщения с помощью химических, а не электрических сигналов.

В середине 1990-х гг., ученые обнаружили в мембранах глиальных клеток рецепторы, реагирующие на разнообразные химические вещества, включая и нейротрансмиттеры. Это открытие навело их на мысль, что клетки глии способны

**ОБЗОР: ГЛИЯ**

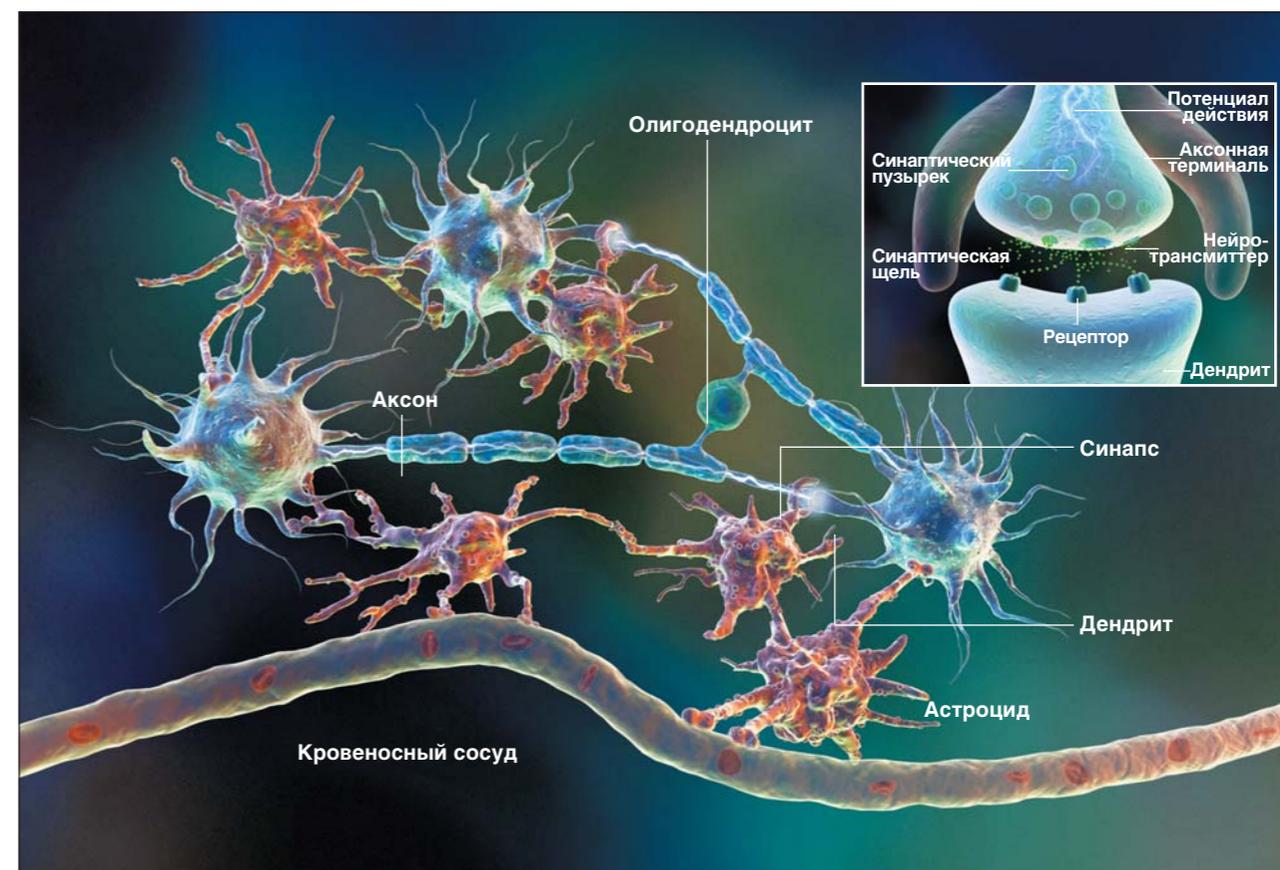
- Долгие десятилетия ученые полагали, что единственные клетки в головном мозге и других отделах нервной системы, способные к обмену сигналами, — это нейроны. Клеткам глии отводилась скромная роль вспомогательных элементов нервной ткани.
- Современные исследования показывают, что клетки глии обмениваются и с нейронами, и между собой посланиями о нейронной активности. Они способны изменять нейронные сигналы на уровне синаптических контактов между нейронами и влиять на образование синапсов.
- Таким образом, глия может играть решающую роль в процессах обучения и памяти, а также участвовать в восстановлении поврежденных нервов.

общаться друг с другом с помощью сигналов, которые не распознаются нервными клетками.

Экспериментально было установлено, что показателем активации глиальных клеток служит поглощение ими кальция. На основании этого наблюдения исследователи разработали метод, позволяющий визуально определять, обладают ли терминальные шванновские клетки (один из типов глиальных клеток, окружающих синапсы в области контакта нервов с мышечными клетками) чувствительностью к нервным сигналам, приходящим к этим синапсам. Было установлено, что шванновские клетки действительно реагируют на синаптические импульсы, и что такая реакция сопровождается проникновением в них ионов кальция.

Но ограничивается ли участие глии в нервных процессах только «подслушиванием» нейронных переговоров? Ведь шванновские клетки окружают аксоны как в области синапсов, так и по ходу нервов в разных частях тела, а глиальные клетки другого типа (олигодендроциты) образуют оболочки вокруг аксонов в центральной нервной системе (т.е. в головном и спинном мозге). Сотрудники лаборатории Национального института здравоохранения США решили выяснить, способна ли глия отслеживать и нервные сигналы, распространяющиеся по аксонам в нервных цепях. И если такое общение между глией и нейронами существует, какие механизмы лежат в его основе и, что еще важнее, как влияют на работу глиальных клеток «подслушанные» ими нервные сообщения?

Чтобы ответить на эти вопросы, мы культивировали сенсорные нейроны (клетки дорсально-корешкового ганглия, ДКГ) мыши в специальных лабораторных чашках с электродами, с помощью которых можно было вызывать потенциалы действия в аксонах. В одни чашки с нейронами мы добавили шванновские клетки, в другие — олигодендроциты. Необходимо было одновременно контролировать активность и аксонов, и глии. За активностью нервных и глиальных клеток мы следили визуально, вводя в них краситель, который при связывании с ионами кальция должен был флуоресцировать. Когда по аксону пробегает нервный импульс, потенциалозависимые ионные каналы в нейронной мембране открываются, и ионы кальция проникают в клетку. Следовательно, распространение импульсов по аксонам должно сопровождаться зелеными вспышками внутри нейронов. По мере роста концентрации кальция в клетке флуоресценция должна становиться ярче. Ее интенсивность можно измерить



Глия и нейроны работают в головном и спинном мозге согласованно. Нейрон посылает по аксону сигнал, который через синаптическую щель достигает дендрита другой нервной клетки. Астроциты поставляют нейронам питательные вещества, а также окружают синапсы и регулируют их деятельность. Олигодендроциты вырабатывают миелин и образуют вокруг аксонов изолирующие миелиновые оболочки. Когда электрический сигнал (потенциал действия) достигает аксонной терминали (врезка), он заставляет пузырьки с нейротрансмиттером (сигнальными молекулами) перемещаться к мембране и высвобождать свое содержимое в синаптическую щель. Молекулы нейротрансмиттера диффундируют через узкую синаптическую щель к дендритным рецепторам. Точно так же осуществляется передача нервных сигналов и в периферической нервной системе, но здесь миелиновые оболочки вокруг аксонов образуют шванновские клетки

с помощью фотоэлектронного умножителя, а искусственно окрашенные изображения светящейся клетки воспроизвести в реальном времени на экране монитора. Если глиальные клетки реагируют на нервные сигналы и поглощают в это время ионы кальция из окружающей среды, они тоже должны засветиться — только немного позднее, чем нейроны.

Сидя в затененной комнате и напряженно вглядываясь в экран монитора, мы с биологом Бетом Стивенсом (Beth Stevens) собирались приступить к эксперименту, на подготовку которого у нас ушло несколько месяцев. На включение стимулятора нейроны ДКГ тут же отреагировали изменением цвета: по мере увеличения концентрации кальция в их аксонах они превратились из синих в зеленые, затем — в красные

и, наконец, побелели. Сначала ни в шванновских клетках, ни в олигодендроцитах никаких изменений не обнаружилось, но спустя 15 долгих секунд они, подобно елочным лампочкам, начали загораться. Клетки глии почувствовали, что по аксонам пробегают импульсы, и отреагировали на это событие увеличением концентрации кальция в цитоплазме.

**Глиальные клетки общаются друг с другом**

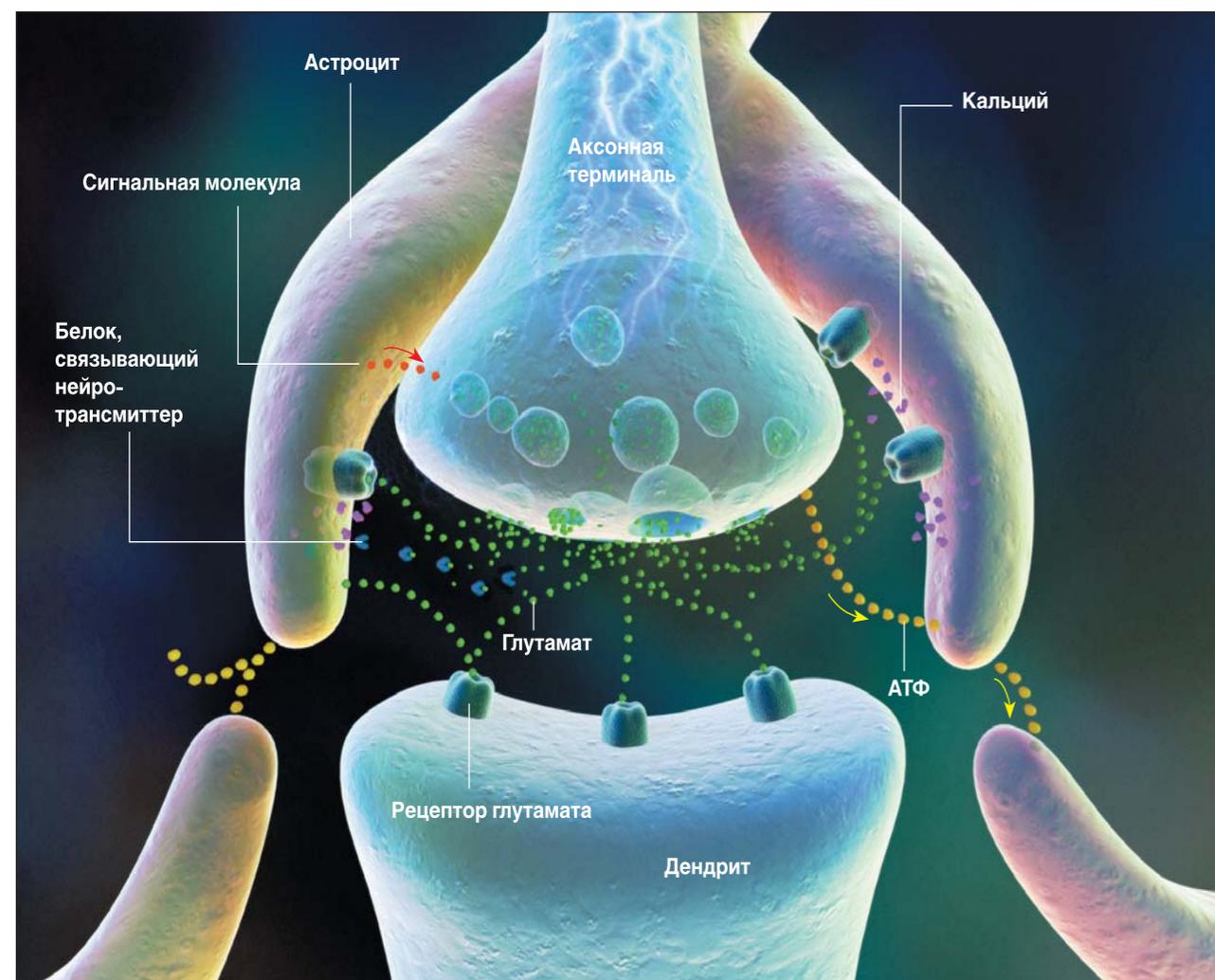
Нам удалось показать, что глия способна распознавать импульсную активность в аксонах, реагируя на нее поглощением кальция. В нейронах он активирует ферменты, ответственные за выработку нейротрансмиттеров. Вполне вероятно, что поступление кальция в глиальные клетки

также вызывает активацию ферментов, связанных с развитием какой-то реакции. Но какой?

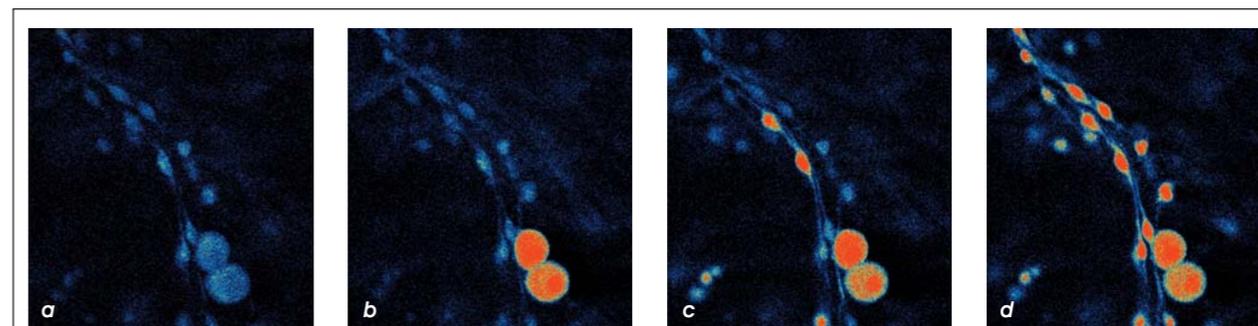
Исследование еще одного типа глиальных клеток — астроцитов, транспортирующих питательные вещества из капилляров в нервные клетки и поддерживающих оптимальный уровень ионов, необходимый для генерирования нервных импульсов в окружающей нейроны среде (включая и удаление избытка нейротрансмиттеров и ионов, высвобождаемых нейронами во время импульсации), поможет ответить на этот вопрос. В 1990 г.

Стивен Смит из Йельского университета показал, что если в культуру астроцитов добавить нейротрансмиттер глутамат, концентрация кальция в клетках резко возрастает. Клетки ведут себя так, словно только что произошел выброс нейротрансмиттера из нейрона и они горячо обсуждают друг с другом вызвавшую его импульсацию нейронов.

Некоторые нейробиологи пытались выяснить, не явилось ли общение глиальных клеток следствием простого перемещения ионов кальция или



Астроциты регулируют синаптическую передачу сигнала несколькими способами. Аксон передает нервный сигнал дендриту за счет выброса нейротрансмиттера (зеленый) — в данном случае глутамата. Кроме того, аксон высвобождает АТФ (желтый). Эти соединения вызывают перемещение кальция (фиолетовый) внутрь астроцитов, что побуждает их вступить в общение друг с другом за счет высвобождения собственного АТФ. Астроциты могут усилить передачу нервного сигнала с помощью выброса такого же нейротрансмиттера (глутамата) или ослабить сигнал путем поглощения нейротрансмиттера или выброса связывающих его белков (синие). Кроме того, астроциты могут выделить сигнальные молекулы (красные), которые заставят аксон увеличить или уменьшить выброс нейротрансмиттера, когда он возобновит импульсацию. Модификация связей между нейронами — один из способов, с помощью которых головной мозг корректирует свои реакции на раздражители по мере накопления опыта, — так происходит процесс обучения. В периферической нервной системе синапсы окружены не астроцитами, а шванновскими клетками.



Кадры фильма (окраска искусственная), снятого с помощью лазерной конфокальной микроскопии, показывают, что глиальные клетки способны реагировать на обмен сигналами между нейронами. Сенсорные нейроны (две крупные клетки диаметром 20 микрон) (a) и более мелкие шванновские клетки были помещены в культуральную среду, содержащую ионы кальция. В клетки вводился краситель, который при связывании ионов кальция начинал флуоресцировать. Стимуляция нейронов электрическим током небольшого напряжения заставляла их генерировать распространяющиеся по аксонам (длинные линии) импульсы (потенциалы действия). Нейроны при этом тут же начинали флуоресцировать (b), что указывает на проникновение в них кальция через открывшиеся ионные каналы в мембране. Спустя 12 секунд (c), когда нейроны продолжали генерировать разряды, начали светиться и шванновские клетки — т.е. в ответ на распространение нервных сигналов по аксонам они тоже начали поглощать кальций из внеклеточной среды. Через 18 секунд после этого (d) свечение охватило еще большее количество глиальных клеток, почувствовавших сигналы нейронов. Как видно из представленной серии кадров, глия «подслушивала» нейронные сообщения по всему ходу коммуникационных линий, а не только в области синапсов, где присутствовал нейротрансмиттер.

связанных с ним сигнальных молекул из одного астроцита в соседний через соединяющие их открытые ворота. В 1996 г. исследователи из Университета штата Юта опровергли это предположение. С помощью острого микроэлектрода они разрезали слой астроцитов в культуре на две части, оставив между ними зазор, не содержащий клеток и разделявший популяцию астроцитов. Когда концентрация кальция в клетках по одну сторону разреза возрастала, то же происходило и по другую сторону. Таким образом выяснилось, что астроциты посылали друг другу сигналы через внеклеточную среду.

### АТФ как химический посредник

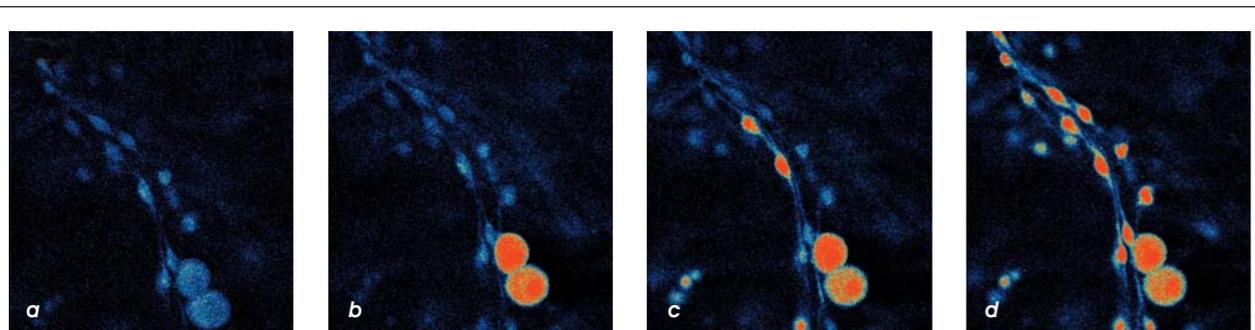
Выявленные закономерности привели исследователей в замешательство. Коммуникация глиальных клеток, как и нейронов, контролируется токами кальция. Однако если изменения его уровня в нейронах вызывают электрические импульсы, то в глии — нет. Возникает вопрос: не было ли инициировано перемещение ионов кальция в глию каким-то другим электрическим феноменом? А если нет, то какова природа механизма?

Когда нейробиологи экспериментировали с глией, в их поле зрения постоянно попадала знакомая всем молекула аденозинтрифосфата (АТФ). Будучи основным источником энергии в живых клетках, АТФ обладает многими призна-

ками, благодаря которым прекрасно подходит на роль химического посредника между клетками. В окружающей среде он содержится в больших количествах, а во внеклеточном пространстве его мало. Благодаря небольшим размерам молекула способна к быстрой диффузии и легко разрушается ферментами. Более того, АТФ присутствует в аксонных терминалях, где обычно и хранятся молекулы нейротрансмиттеров, и может высвободиться в синаптическую щель.

В 1999 г. исследователи из Университета штата Юта показали, что при возбуждении астроциты выбрасывают в окружающую среду АТФ. Затем он связывается рецепторами на соседних астроцитах, заставляя открываться ионные каналы и способствуя перемещению кальция внутрь клеток. В свою очередь, повышение уровня кальция в клетках заставляет их высвободить во внеклеточную среду новые порции АТФ — так в популяции астроцитов инициируется цепная реакция, связанная с изменением внутриклеточного уровня кальция и опосредованная АТФ.

В результате наблюдений родилась модель, объясняющая способность околоаксонной глии распознавать нейронную активность и затем передавать сообщения другим глиальным клеткам, окружающим синапс. Импульсация нейронов побуждает глиальные клетки, окружающие аксон, высвободить АТФ, который вызывает поглощение кальция соседними глиальными



Как общаются глиальные клетки? В культуральную среду, содержащую кальций, помещались астроциты (a) и сенсорные нейроны. После того как под влиянием электрической стимуляции нейроны принялись генерировать распространяющиеся по аксонам (зигзаги молний) (b) импульсы (потенциалы действия), глия начала флуоресцировать — признак того, что глиальные клетки отреагировали на это событие поглощением кальция. Спустя 10 и 12,5 секунд (c и d) по всей популяции астроцитов прокатились две огромные волны проникновения кальция внутрь клеток. О росте концентрации кальция в астроцитах свидетельствует изменение их цвета: вначале они были зелеными, затем стали синими и наконец красными.

клетками. Это стимулирует выброс новых порций АТФ, что активирует передачу сообщения по длинной цепочке глиальных клеток иногда на значительное расстояние от нейрона, инициировавшего всю последовательность данных событий. Но каким образом глиальным клеткам, участвовавшим в нашем эксперименте, удавалось распознавать импульсацию нейронов — ведь аксоны не образуют с глией синаптических контактов и в области синапсов не было никаких глиальных клеток? Участием нейротрансмиттеров такое явление объяснить нельзя: из аксонов они не диффундируют. Быть может, его причиной был АТФ, способный каким-то образом просачиваться из аксонов?

Для проверки гипотезы мы решили провести электрическую стимуляцию чистых культур аксонов ДКГ и последующий химический анализ культуральной среды. Воспользовавшись ферментом, ответственным за свечение брюшка у жуков-светляков (эта реакция требует участия АТФ), мы наблюдали свечение среды во время распространения импульса по аксонам, что свидетельствовало о высвобождении из них АТФ. Затем мы добавили в культуру шванновские клетки, также начинавшие светиться после того как по аксонам пробежали потенциалы действия. Но когда мы добавили в среду фермент апиразу, быстро разрушающую АТФ и не дающую ему достигнуть шванновских клеток, глия во время импульсации аксонов оставалась темной. Таким образом, содержание кальция в шванновских клетках не менялось, т.к. они не получали АТФ-сигнала.

АТФ, высвободившийся из аксонов, стимулировал транспорт кальция внутрь шванновских клеток. С помощью биохимического анализа и цифровой микроскопии нам удалось показать, что в результате этого события сигнальные молекулы перемещаются от клеточной мембраны к ядру и включают здесь различные гены. Таким образом, мы обнаружили поразительный факт: генерируя импульсы, призванные обеспечить общение с другими нейронами, нервная клетка и ее аксон влияют на считывание генов в глиальной клетке и изменяют тем самым ее поведение.

### Аксоны определяют судьбу глиальных клеток

Какие функции глии могут контролировать гены, включенные АТФ? Приказывают ли они глиальным клеткам оказывать влияние на окружающие их нейроны? Исследователи попытались ответить на вопрос, обратив внимание на процесс, способствующий образованию миелиновой изолирующей оболочки вокруг аксонов. Благодаря ей аксоны способны проводить нервные импульсы с огромной скоростью на значительные расстояния. Ее образование позволяет малышу все крепче удерживать голову в вертикальном положении, а разрушение вследствие некоторых болезней (например, рассеянного склероза) превращает человека в инвалида.

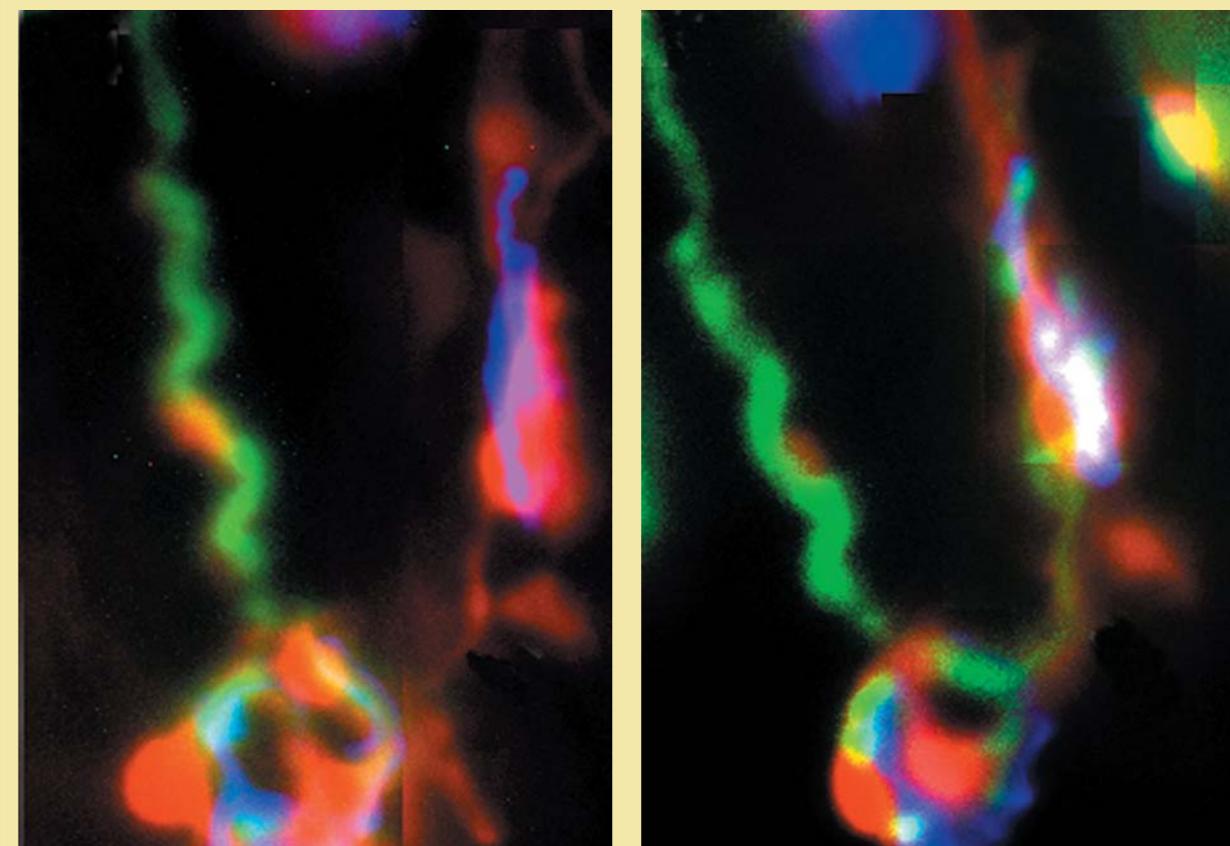
Мы решили выяснить, как незрелая шванновская клетка, расположенная на аксоне в периферической нервной системе плода или младенца, узнает, нуждается ли отросток в миелинизации

### ГЛИЯ КОНТРОЛИРУЕТ СИНАПСЫ

Бен Баррес из Стэнфордского университета обнаружил, что если выращивать нейроны из сетчатки крысы в лабораторной культуре, не содержащей астроцитов, синапсов на нейронах образуется очень мало. Когда же он добавил в культуру астроциты или просто среду, в которой прежде находились астроциты, синапсы появились в большом количестве. Затем он обнаружил присутствие в среде двух химических веществ, высвобождаемых астроцитами для стимуляции образования синапсов, — жировой комплекс под названием *apoE*/холестерин и белок тромбоспондин. Немного позднее Ле Тиан и Уэсли Томпсон из Техасского

университета в Остине изучали мышцей, которым вводились вещества, заставлявшие флуоресцировать шванновские клетки, что позволило им наблюдать за деятельностью глиальных клеток в области контактов нервов с мышечными волокнами. После того как исследователи перерезали подходящий к мышце аксон, нервно-мышечный синапс исчезал, но на его «мышечной стороне» оставалась группа рецепторов нейротрансмиттера. Исследователям было известно, что аксон вновь сможет прорасти к покинутому им рецепторам. Но как он найдет к ним путь? Следя за флуоресценцией, Томпсон

увидел, что шванновские клетки, окружающие интактные синапсы, почувствовали, что синапс-сосед оказался в беде. Тогда они дружно выпустили в его сторону отростки, дотянулись ими до поврежденного синапса и образовали своего рода мостик, по которому аксон мог послать к своему синапсу новую проекцию (см. фото). Эти данные указывают на то, что глия помогает нейронам определить место, где нужно образовывать синаптические соединения. Сегодня нейробиологи пытаются использовать такую способность глии для лечения поврежденного спинного мозга: они трансплантируют шванновские клетки в поврежденные участки спинного мозга лабораторных животных.



Глия способна управлять образованием синапсов. Нейробиологи перерезали у мыши нерв, подхлывший к нервно-мышечному синапсу. Спустя два дня (левый снимок) отростки шванновских клеток (темно-красный цвет) образовали в области разреза (отмечен стрелкой) своего рода мостик. А еще через пару дней (правый снимок) аксон (зеленый) направил по этому мостику новую проекцию к синапсу.



В мозге Эйнштейна концентрация клеток нейроглии была намного больше, чем в голове среднестатистического Альберта

и когда нужно приступить к его «пеленанию» миелином. Или, напротив, следует ли ей превратиться в клетку, которая не будет сооружать миелиновую оболочку? Могут ли аксональные нервные импульсы или высвобождение АТФ влиять на выбор шванновской клетки? Мы обнаружили, что шванновские клетки в культуре пролиферировали медленнее в том случае, когда окружали импульсирующие, а не молчащие аксоны. Более того, они приостанавливали свое развитие и прекращали выработку миелина. Добавление АТФ вызывало такое же действие.

Витторио Галло (Vittorio Gallo) из соседней лаборатории НИЗ, изучая олигодендроциты, образующие миелиновые оболочки вокруг аксонов в головном мозге, обнаружил совершенно иную картину. АТФ не угнетал пролиферацию клеток, но аденозин (вещество, в которое превращается молекула АТФ после отщепления от нее остатков фосфорной кислоты) стимулировал созревание клеток и выработку миелина.

Понимание механизмов миелинизации имеет важнейшее значение. Болезни, сопровождающиеся разрушением миелиновой оболочки, каждый год уносят тысячи человеческих жизней и вызывают паралич и слепоту. Неизвестно, какой фактор инициирует миелинизацию, но аденозин стал первым веществом «аксонального происхождения», у которого была выявлена способность стимулировать этот процесс. Аденозин высвобождается из аксонов в ответ на распространение импульсов, и это означает, что электрическая активность мозга действительно влияет на процесс миелинизации. Подобные открытия помогут исследователям вести поиск средств для лечения болезней демиелинизации. Возможно, эффективными окажутся лекарства, напоминающие своей химической структурой аденозин. И не исключено, что добавление аденозина в культуру стволовых клеток превратит их в миелинизирующие глиальные клетки, которые можно будет использовать в качестве трансплантатов.

### Вырываясь из пут нейронных сетей

Ограничивается ли участие глии в регуляции нейронных функций образованием вокруг аксонов миелиновой оболочки? По-видимому, нет. Ришар Робитайль (Richard Robitaille) из Монреальского университета обнаружил, что величина электрического потенциала, возникающего в мышце лягушки под влиянием стимуляции синапса, увеличивалась или уменьшалась в зависимости от того, какие химические вещества он вводил в шванновские клетки, окружающие этот синапс. Когда исследователь прикасался к сетчатке крысы, посылаемые глией «кальциевые сигналы» изменяли частоту импульсации зрительных нейронов. А Майкен Недергард (Maiken Nedergaard) из Нью-Йоркского медицинского колледжа, изучавший срезы гиппокампа крысы, наблюдал усиление электрической активности синапсов в то время, когда окружающие астроциты увеличивали поглощение кальция. Подобные изменения эффективности

синапсов специалисты рассматривают в качестве главного фактора пластичности нервной системы, т.е. ее способности изменять реакции на основании прошлого опыта, и глия, таким образом, может играть важную роль в клеточных процессах обучения и памяти.

В связи с описанными выше наблюдениями остро встает одна проблема. Поглощение кальция распространяется по всей популяции астроцитов, подобно прокатывающимся по стадиону волнам взявшихся за руки болельщиков. Такая дружная реакция необходима для управления работой всей группы клеток, но она слишком груба для передачи сложных сообщений. Принцип «все как один!» может оказаться полезным для координации общей активности мозга во время цикла сон-бодрствование, но чтобы входить во все тонкости переработки информации, глиальные клетки должны уметь «переговариваться» и со своими непосредственными соседями.

Исследователи предполагают, что нейроны и клетки глии способны вести друг с другом беседы и более «интимного» свойства. Экспериментальные методы, которыми располагали в то время нейробиологи, не позволяли им апплицировать нейротрансмиттеры в таких ничтожно малых дозах, которые могли бы воспроизвести истинные «переживания» астроцита, находящегося рядом с синапсом. Филипу Хейдону (Philip G. Haydon) из Пенсильванского университета удалось добиться этого только в 2003 г. с помощью современного лазерного метода аппликации нейротрансмиттеров. Он стимулировал в срезах гиппокампа выброс такого ничтожного количества глутамата, которое мог обнаружить только один-единственный астроцит. Хейдон наблюдал при этом, что астроцит посылает специфические кальциевые сигналы лишь небольшому числу окружающих его астроцитов. Исследователь предположил, что наряду с «кальциевыми волнами», оказывающими широкомасштабное воздействие, «между астроцитами существуют и близкодействующие связи». Иными словами, разрозненные цепочки астроцитов в головном мозге координируют свою активность в соответствии с активностью нейронных цепей.

Описанные выше открытия позволили Хейдону сформулировать рабочую гипотезу, согласно которой обмен сигналами помогает астроцитам активировать нейроны, чьи аксоны оканчиваются на сравнительно большом от них расстоянии, а также утверждать, что такая активация спо-

собствует высвобождению нейротрансмиттеров из отдаленных синапсов. Это позволяет астроцитам регулировать готовность отдаленных синапсов к изменению своей силы, что является клеточной основой процессов памяти и обучения.

Результаты исследований, представленные на ежегодном съезде Общества нейробиологии в ноябре 2003 г., подкрепляют данную гипотезу и даже свидетельствуют об участии глии в образовании новых синапсов (врезка на с. 85). Исследователи из Стэнфордского университета, установили, что выращенные в культуре нейроны крысы в присутствии астроцитов образуют большее количество синапсов. Впоследствии они обнаружили, что белок тромбоспондин, предположительно астроцитарного происхождения, выполняет функцию химического посредника и стимулирует образование синапсов. Чем большее количество этого белка ученые добавляли в культуру астроцитов, тем больше синапсов появлялось на нейронах. Возможно, тромбоспондин отвечает за связывание белков и других соединений, необходимых для образования синапсов во время роста молодых нервных сетей и, следовательно, может участвовать в модификации синапсов, когда эти сети подвергаются старению.

Будущие исследования расширят наши представления о влиянии глии на нейронную часть головного мозга. Возможно, нейробиологам удастся доказать, что наша память (или ее клеточный аналог — такой, как долговременная потенция) зависит от функционирования синаптических астроцитов. Не исключено также, что будет установлено, каким образом сигналы, передаваемые по цепочкам астроцитов, оказывают влияние на отдаленные синапсы.

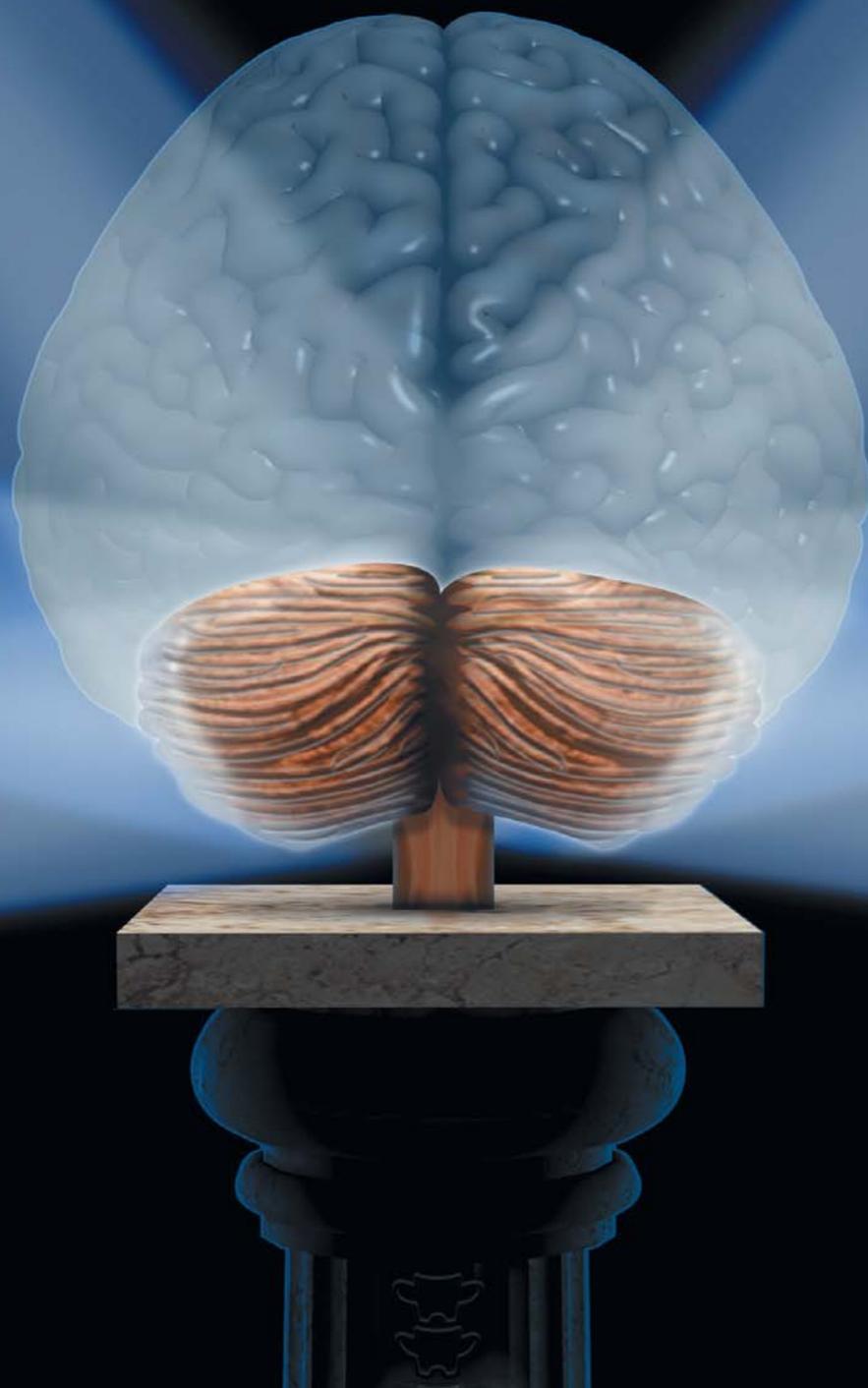
Сравнение головного мозга показывает, что чем более высокое положение занимают животные на «эволюционной лестнице», тем выше у них соотношение между числом глиальных клеток и нейронов. Хейдон предполагает, что увеличение связности астроцитов может повышать способность животных к обучению. Не исключено, что высокие концентрации глиальных клеток в мозге, а возможно, и наличие в нем более «действенной» глии, и превращают некоторых людей в гениев. Эйнштейн учил нас думать нетрадиционно. Его примеру последовали ученые, дерзнувшие «выпутаться» из нейронных сетей и решившие наконец выяснить, какое участие в переработке информации принимает нейроглия. ■

(В мире науки, № 7, 2004)

# ЭТОТ ЗАГАДОЧНЫЙ МОЗЖЕЧОК

Джеймс Бауэр и Лоренс Парсонс

Долгое время мозжечок считался структурой,  
ответственной за координацию движений.  
Сегодня исследователи все чаще говорят о его участии  
в процессах восприятия и когнитивной деятельности



«В задней части головного мозга человека над варолиевым мостом и под затылочными долями больших полушарий расположена структура размером с бейсбольный мяч, напоминающая по форме боб. Называется она мозжечок». Таким довольно непритязательным вступлением начиналась статья о мозжечке, опубликованная в 1958 г. в журнале *Scientific American*. В ней говорилось: «В отличие от большого мозга, в котором ученые обнаружили многочисленные центры самых разнообразных форм психической деятельности, мозжечок и по сей день остается структурой «за семью печатями»: о его функциях нам почти ничего не известно». Однако через 17 лет в журнале появился другой материал, где автор писал: «Сегодня нет никаких сомнений в том, что мозжечок — центральная структура головного мозга, ответственная за организацию движений».

Совсем недавно мозжечок вновь стал предметом горячих научных споров. Так, нейробиологи, изучающие когнитивные функции головного мозга, обнаружили, что у людей эта структура сохраняет высокую активность во время разнообразных форм деятельности, не связанных непосредственно с движениями. С помощью хитроумных тестов было установлено, что повреждение отдельных областей мозжечка нередко сопровождается неожиданным ухудшением процессов, никак не связанных с моторикой (например, снижением скорости и точности восприятия сенсорной информации). Другие исследования показали, что данная мозговая структура играет важную роль в процессах краткосрочной памяти, внимания, эмоциях, когнитивной деятельности, планировании действий и даже в развитии таких патологических состояний, как шизофрения и аутизм. Данные нейробиологических исследований,

в ходе которых изучались как паттерны сенсорных входов в мозжечок, так и способы переработки им информации, также указывают на то, что пришло время переосмыслить функции этого отдела головного мозга. И вновь мозжечок стал «структурой за семью печатями».

В том, что мозжечок — нечто большее, нежели центр управления движениями, нет ничего удивительного. На это указывают его крупные габариты и сложная нейронная организация. Размерами он уступает только коре больших полушарий — главному регулятору и координатору всех функций человеческого организма. Поверхность мозжечка покрыта складками — бороздами и извилинами, благодаря чему в сравнительно небольшом объеме мозговой ткани «упаковано» невообразимое количество нейронных цепей.

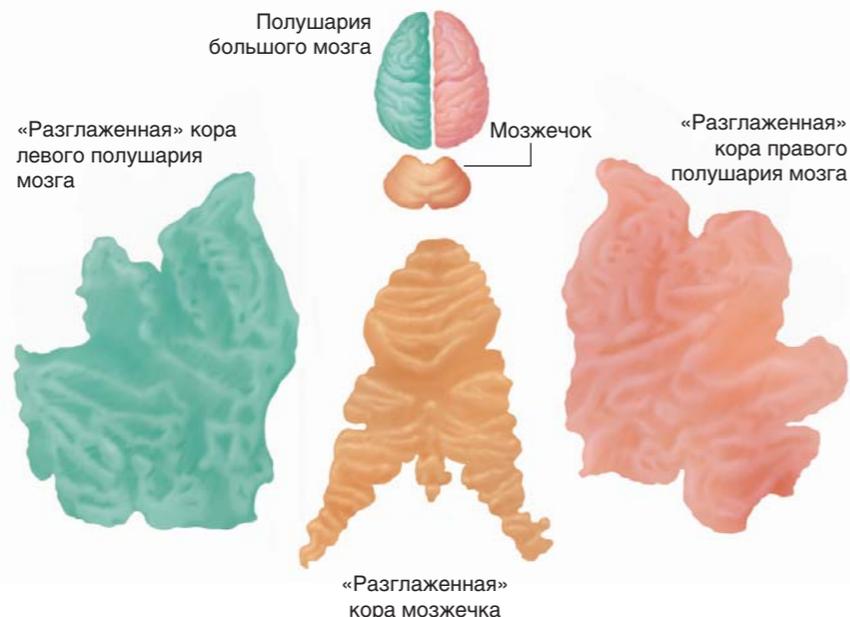
О важных функциях этой структуры свидетельствует и ее укрупнение в процессе эволюции. Судя по строению и размерам ископаемых черепов, за последний миллион лет мозжечок человека увеличился по меньшей мере в три раза! Но, пожалуй, самое удивительное то, что количество нервных клеток (нейронов) в нем больше, чем во всех остальных отделах головного мозга вместе взятых. Кроме того, более чем за 400 млн. лет эволюции позвоночных животных характер соединения этих клеток друг с другом почти не претерпел каких-либо изменений. В мозжечке акулы нейроны организованы в нервные цепочки почти так же, как и у человека.

## Не только моторика

Гипотеза об участии мозжечка в управлении движениями впервые была высказана в середине XIX в. физиологами-клиницистами, обнаружившими, что удаление данной структуры нередко приводит к серьезным нарушениям координации.

**КОРА МОЗЖЕЧКА И БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ**

В «разглаженном» виде кора (наружный слой) человеческого мозжечка имеет такую же площадь поверхности, как «расправленная» кора одного большого полушария мозга. Крупные размеры и сложная нейрональная организация мозжечка указывают на то, что эта структура выполняет очень важные функции.



Во время Первой мировой войны английский невропатолог Гордон Холмс подробно описал разнообразные формы расстройств двигательной координации у солдат с огнестрельными ранениями в области мозжечка.

За последние 15 лет, когда нейробиологи взяли на вооружение более совершенные методы тестирования, ситуация снова осложнилась. В 1989 г. исследователи из Орегонского университета обнаружили, что люди с поврежденным мозжечком не способны точно оценивать продолжительность звуков или пауз между ними. А в начале 1990-х гг. было установлено, что такие больные чаще совершают ошибки при выполнении

вербальных заданий. Например, одному из пациентов потребовалось дополнительное время, чтобы при виде ножа вспомнить соответствующий глагол — «резать».

Несколько позднее авторы этой статьи установили, что люди с мозжечковой дегенерацией менее точно различают высоту двух предъявляемых звуков, а также чаще, чем здоровые испытуемые, совершают ошибки в тестах, где требуется оценка скорости и направления движения различных объектов.

Повреждение мозжечка приводит не только к нарушению переработки зрительной, слуховой и речевой информации, но и сказывается на эмоциональном поведении: пациенты (и взрослые, и дети) не способны контролировать свои эмоции — в отличие от большинства людей, они слишком вяло или слишком бурно реагируют на раздражители. Некоторые специалисты связывают повреждение мозжечка с дислексией (неспособностью к чтению). Недавние исследования показали, что мозжечок принимает участие в процессах памяти, внимания, психической деятельности, планирования действий и управления человеком собственными побуждениями. Пациенты с атрофированным мозжечком испытывают серьезные трудности при планировании действий, необходимых для выполнения теста «ханойская башня», где нужно в соответствии с определенными правилами нанизывать на стержень кольца различного диаметра.

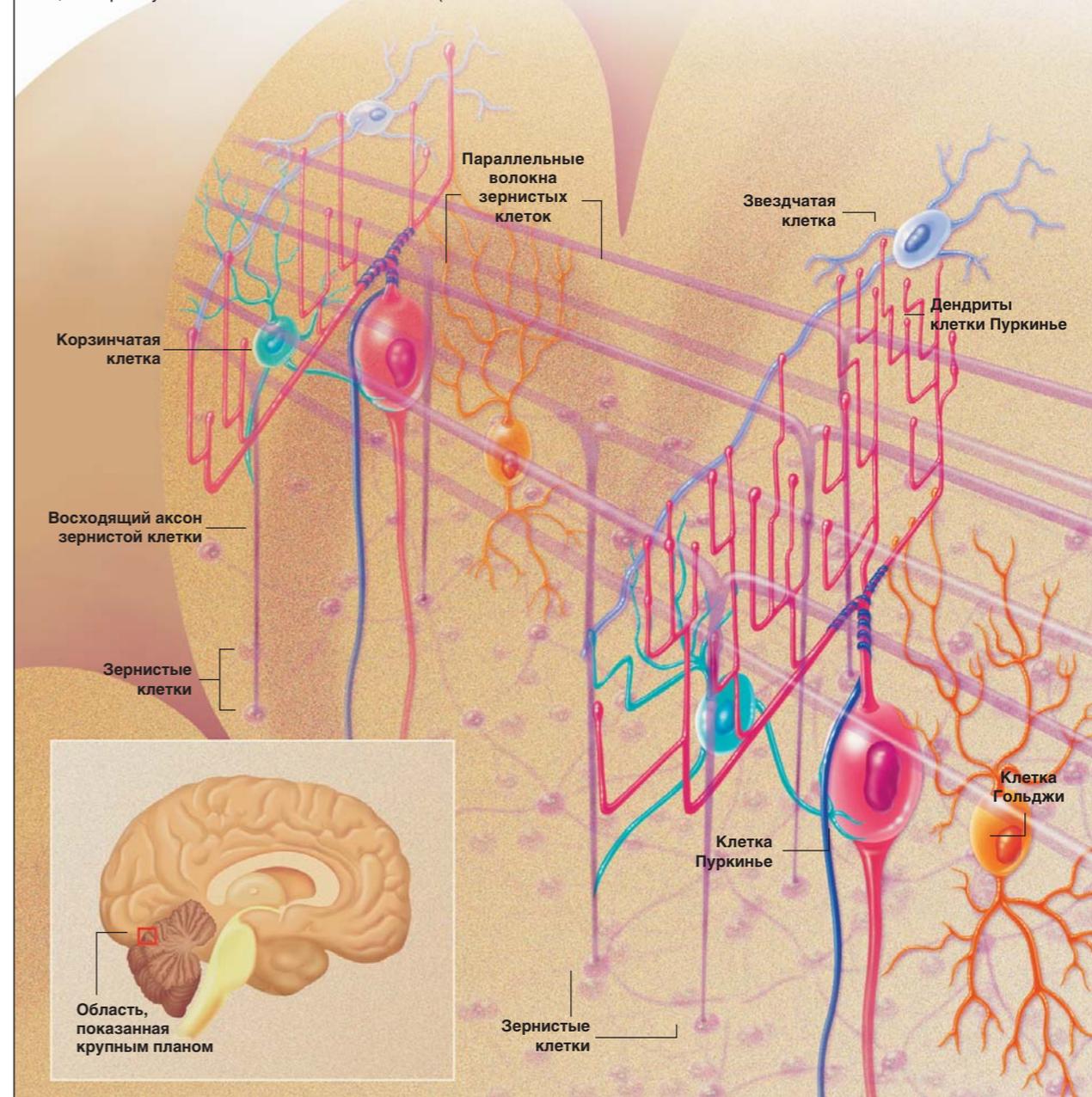
**ОБЗОР: МОЗЖЕЧОК**

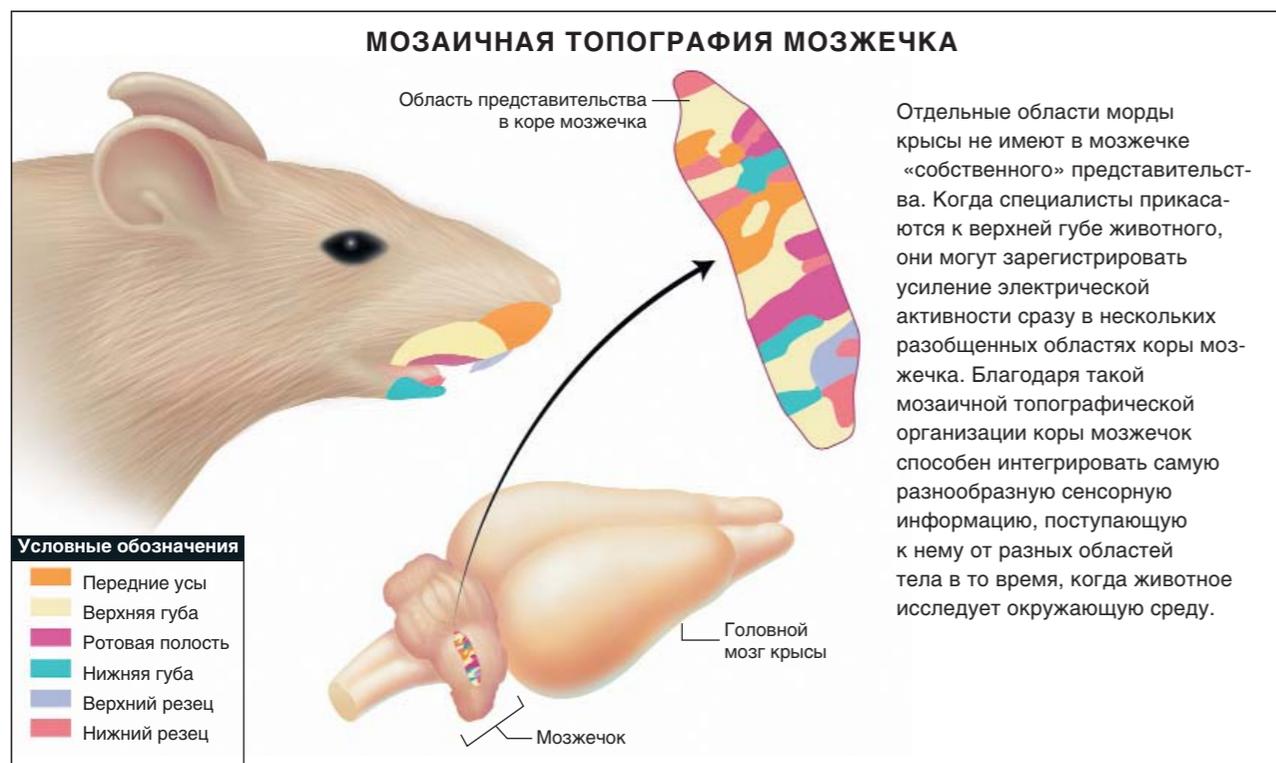
- Мозжечок расположен в задней части головного мозга и отличается сложной нейрональной организацией, не претерпевшей в процессе эволюции позвоночных никаких изменений.
- Традиционные представления о мозжечке как о мозговом центре управления движениями подвергаются сегодня сомнению. Результаты исследований, выявивших высокую активность мозжечка при выполнении испытуемыми широкого спектра заданий, указывают на то, что функции этой структуры больше связаны с координацией сенсорного входа, чем моторного выхода.
- Удаление мозжечка в молодом возрасте сопровождается появлением лишь немногочисленных поведенческих расстройств. Полученные данные позволяют предположить, что функции этой структуры могут брать на себя другие отделы головного мозга.

**МЕЖНЕЙРОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В МОЗЖЕЧКЕ**

Основные принципы организации нейронных связей в мозжечке стали известны в конце XIX в. благодаря фундаментальным исследованиям испанского гистолога Сантьяго Рамон-и-Кахала (Santiago Ramon y Cajal). Главный структурный элемент коры малого мозга — клетки Пуркинье, получившие свое название в честь описавшего их в 1837 г. чешского физиолога Яна Пуркинье (Johannes Purkinje). Эти нейроны — одни из самых крупных клеток в нервной системе позвоночных; каждая клетка Пуркинье имеет 150–200 тыс. входов (синапсов) от других нервных клеток. Основная часть контактов образована волокнами одних из самых маленьких нейронов позвоночных — мозжечковыми зернистыми клетками, которые упакованы необычайно плотно (на 1 кв. мм

ткани приходится 6 млн. клеток) и являются самым многочисленным типом нейронов в головном мозге. Длинные отростки (аксоны) зернистых клеток направляются вверх к поверхности коры мозжечка, ветвятся и создают здесь параллельные волокна, образующие многочисленные контакты (синапсы) с короткими отростками (дендритами) клеток Пуркинье и с дендритами трех других типов нейронов мозжечка — звездчатых, корзинчатых клеток и клеток Гольджи, которые модулируют сигналы, генерируемые зернистыми клетками и клетками Пуркинье. Единственным выходом из коры мозжечка являются аксоны клеток Пуркинье. Такая организация связей в общих чертах характерна для мозжечка всех позвоночных животных.





В исследованиях, проведенных с помощью магниторезонансной томографии, была выявлена активация мозжечка у здоровых испытуемых, когда их просили вспомнить список букв, прочитанный им несколькими минутами ранее, или пытавшихся подыскать эквивалент тому или иному зрительному образу. С помощью такой методики было обнаружено, что у гиперактивных детей с дефицитом внимания (у которых нарушена способность управлять собственными побуждениями) размеры мозжечка меньше, чем у нормальных. И наконец, томографическое исследование мозга здоровых людей и животных выявило высокую активность мозжечка во время восприятия звуков и запахов, а также когда испытуемым хотелось пить, есть или когда они страдали от недостатка воздуха или боли.

### Мозжечок и прикосновения

Новые данные нельзя объяснить традиционными представлениями о мозжечке как о центре моторного контроля. Мы пришли к такому выводу, изучая активность различных областей этой структуры в ответ на прикосновения к тем или иным участкам тела. Автор этой статьи Джеймс Бауэр начал проводить подобные исследования более 20 лет назад. Он регистрировал электрическую активность небольших ансамблей нейронов в головном мозге крыс в ответ на легкие

касания различных участков их тела. Тактильная стимуляция приводила к активации нейронов в обширной области мозжечка, носившей, однако, мозаичный характер (иллюстрация *вверху*). Соседние области мозжечка могли получать сенсорные сигналы от участков кожи, расположенных в разных частях тела, а стимуляция соседних зон могла активировать далеко отстоящие друг от друга области мозжечка. Еще более удивительным оказалось то, что мозжечок крысы получает сенсорные сигналы (входы) главным образом от морды. Такое открытие привело Бауэра в полное замешательство: ведь ранее считалось, что большая часть «тактильной области» мозжечка кошки получает вход от передних лап животного, а у обезьян она активизируется при прикосновениях к пальцам передних конечностей.

### Сенсорный координатор

У исследователей возник закономерный вопрос: что общего между мордой крысы, передними лапами кошки и пальцами рук обезьяны? Ответ, казалось бы, очевиден: эти части тела позволяют им наиболее эффективно исследовать окружающий мир с помощью осязания. Те, у кого есть кошка, прекрасно знают, какими нежными и коварными бывают ее лапы. Известно также, что крысы познают окружающий мир и защищаются

от врагов главным образом с помощью морды и рта. «Мозаичная» топография тактильных областей мозжечка подтверждает предположение, что эта структура принимает участие в сравнении сенсорных данных, поступающих от многочисленных участков тела и помогающих животному исследовать окружающий мир. Похоже, «тактильная топография» мозжечка определяется функциональной значимостью тех или иных участков тела в жизни животного, а не их расположением на его теле. Гипотеза о том, что в мозжечке крысы происходит сличение сенсорной информации, поступающей от различных частей морды, нашло дополнительное подтверждение и в экспериментах, где изучались реакции мозжечка на стимуляции этих входов. В результате родилось новое предположение о функциях мозжечка как структуры, координирующей процесс сбора сенсорных данных головным мозгом.

Нами было проведено исследование, в котором сравнивалась активность мозжечка в двух экспериментальных ситуациях — когда испытуемые должны были различать на ощупь небольшие предметы и когда они просто должны были брать и выпускать их из рук. В соответствии с традици-

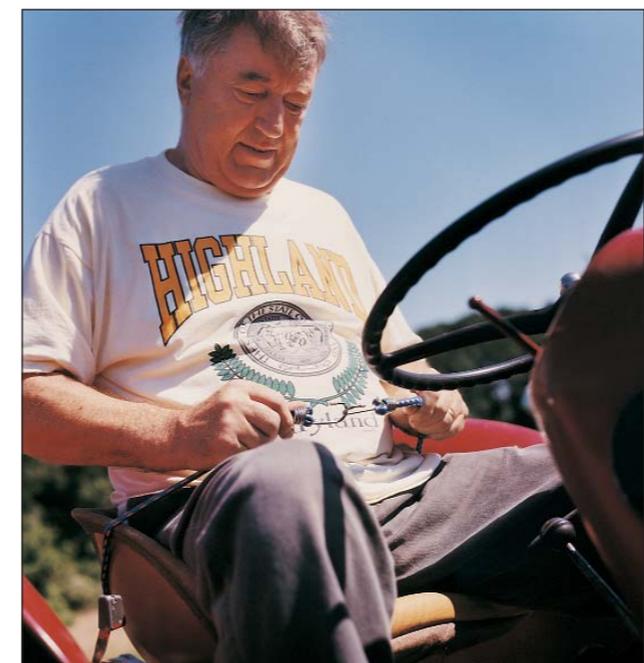
онными теориями тонкий моторный контроль, связанный с движением пальцев при манипуляциях с маленькими предметами, неизбежно должен был приводить к сильной активации тактильной области мозжечка. Однако при выполнении пациентами таких действий активность тактильной области была очень низкой. Зато в первом задании, связанном с ощупыванием предметов, мы выявили значительную активацию мозжечка. Таким образом, результаты нашего эксперимента еще раз подтверждают предположение, что он участвует скорее в переработке сенсорной, нежели моторной информации, и что особенно высокую активность он проявляет во время сбора головным мозгом сенсорных данных.

### Жизнь без мозжечка

Гипотеза об участии мозжечка в сенсорной деятельности мозга — всего лишь одна из нескольких теорий, не ограничивающих функции этой структуры участием в процессах моторного контроля. Некоторые исследователи выдвигают гипотезу «генерализованного хронометража», согласно которой мозжечок контролирует продолжительность телодвижений, что позволяет человеку оценивать длительность сенсорных стимулов (зрительных, слуховых и т.д.).

По мнению других специалистов, мозжечок не только облегчает совершение точных движений, но и «сглаживает» переработку информации, связанную с настроениями и мыслями человека.

По мере того как ученые выявляют все больше факторов, вызывающих изменение активности мозжечка, ему приписываются все более разнообразные функции. Но ни один нейробиолог пока не объяснил, каким образом одна-единственная структура мозга, в которой организация нервных цепей отличается поразительным единообразием, способна выполнять столь многообразные функции и нести ответственность за столь различные аспекты поведения. Исследователей сбивает с толку способность людей восстанавливаться после повреждения мозжечка. Хотя его полное удаление поначалу и приводит к нарушению координации движений, но по прошествии некоторого времени у пациентов (особенно молодых) двигательные функции возобновляются. Необычайно высокая пластичность — одна из характерных особенностей головного мозга, но если подобным повреждениям подвергаются сенсорные или сенсомоторные области коры больших полушарий, как правило, происходит серьезное и необратимое ухудшение соответствующих функций.

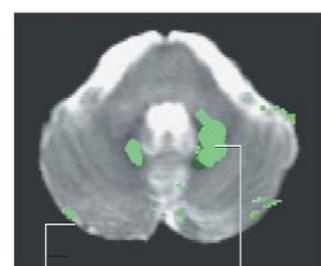


Рудольф Вант-Хофф из графства Говард страдает поражением мозжечка вследствие спиноцереbellлярной атрофии — редкой наследственной болезни. Заболевание сопровождается нарушением равновесия, координации движений и речи, а также пониженной способностью к различению некоторых звуков. Сидя в кабине своего трактора, он стабилизирует положение тела с помощью пристежного ремня.

**ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИЙ МОЗЖЕЧКА**

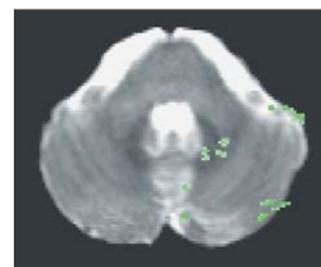
Роль мозжечка в процессах координации движений и интеграции сенсорного входа изучалась нами в специально спланированном эксперименте. Активность этой структуры у 6 здоровых испытуемых оценивалась с помощью магнито-резонансной томографии. В первой части исследования мы неподвижно фиксировали кисти испытуемых и осторожно проводили по кончикам их пальцев кусочками наждачной бумаги (a). В некоторых случаях они просили сравнить шероховатость двух типов шкурки (b). Обе процедуры носили чисто сенсорный характер, но в последнем случае каждому участнику нужно было различить тип воздействующего на его пальцы тактильного стимула. Во второй части опыта испытуемый помещал каждую руку в мешок с маленькими деревянными предметами различной формы и текстуры. В первом задании (c) он должен был захватывать пальцами и выпускать случайно попадающиеся предметы, не обращая внимания на их форму. Во втором задании (d) участников просили сравнивать форму и текстуру предметов, оказавшихся в разных руках. При выполнении задания (c) активность мозжечка испытуемых была очень низкой. Наиболее высокий уровень активности этой структуры отмечался в том случае, когда они должны были оценивать свои ощущения — независимо от того, подвижны (d) или неподвижны (b) были при этом кисти рук. Результаты эксперимента указывают на то, что функции мозжечка связаны скорее с переработкой сенсорной информации, чем с управлением движениями.

**ПАССИВНОЕ ВОСПРИЯТИЕ**  
Движение отсутствует

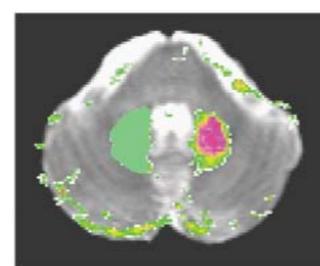
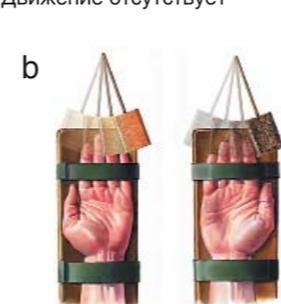


Мозжечок      Активная область

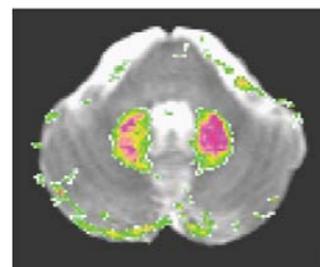
Движение



**АКТИВНОЕ СЕНСОРНОЕ СРАВНЕНИЕ**  
Движение отсутствует



Движение



Учитывая такое обстоятельство, некоторые нейробиологи шутят, что главная функция мозжечка — компенсировать собственное отсутствие. Непохоже, однако, чтобы у столь крупной и сложно устроенной структуры мозга не было какого бы то ни было назначения и она представляла собой рудиментарный орган. Скорее всего дело обстоит как раз наоборот: функции мозжечка настолько важны, что его отсутствие в значительной мере приходится компенсировать остальным отделам головного мозга.

Для объяснения загадочного явления восстановления мозжечковых функций было выдвинуто несколько теорий. В соответствии с предложенной нами гипотезой сенсорной координации мы полагаем, что мозжечок не связан с какими-либо определенными формами поведения или психологическими процессами. Скорее он функционирует как некая поддерживающая структура, обеспечивающая нормальную работу остального мозга. Такая поддержка включает отслеживание приходящих в мозг сенсорных данных и непрерывную и необычайно сложную регулировку поступления этой информации, благодаря чему обеспечивается максимально высокое качество сенсорного входа.

Мы считаем, что регулировка принимает форму тончайших изменений в положении пальцев человеческой руки, ощупывающей предмет, или усов крысы, обследующей поверхность. Можно полагать, что, функционируя в качестве поддерживающей структуры, мозжечок обнаруживает определенный уровень активности в очень широком спектре условий — особенно в ситуациях, требующих тщательного контроля поступающих в мозг и запоминаемых сенсорных данных. При повреждении же или удалении мозжечка нарушенную функцию сенсорной координации обычно компенсируют другие системы мозга, использующие альтернативные стратегии переработки информации.

Как показывают исследования двигательной координации у людей с поврежденным мозжечком, в первое время их движения становятся медленными и «упрощенными» — вполне оправданная стратегия мозга, компенсирующая отсутствие высококачественного сенсорного входа. Это означает, что функционирование поврежденного мозжечка может иметь для моторики человека более серьезные последствия, чем его полное отсутствие. Ведь если полное отсутствие контроля за потоком сенсорной информации способны компенсировать другие мозговые структуры, то непрерывный дефектный контроль

чреват неправильным функционированием других отделов мозга, пытающихся использовать «некачественные» сенсорные данные. Этим можно объяснить результаты исследований, указывающие на участие мозжечка в развитии таких расстройств, как аутизм, при котором человек вообще не реагирует на поступающую в мозг сенсорную информацию.

Если главное предназначение мозжечка — поддержание деятельности остальных отделов головного мозга, тогда он не принимает непосредственного участия в процессах двигательной координации, памяти, восприятия и многих других явлений, с которыми исследователи пытаются связать его функции. Хотя предложенная нами теория — всего лишь одна из многочисленных попыток дать объяснение новым удивительным данным о работе мозжечка, совершенно очевидно, что наши представления об этой структуре и деятельности головного мозга в целом в ближайшее время должны радикально измениться. ■

(В мире науки, № 11, 2003)





# МЫСЛЬ УПРАВЛЯЕТ РОБОТОМ

Мигель Николеллис и Джон Чэпин

Придет время, когда люди, прикованные к постели в результате неврологических расстройств или травм, смогут управлять инвалидными креслами, протезами и даже парализованными конечностями, просто-напросто «продумывая» их движения

**К**огда крошечная подопытная обезьянка дурукули по кличке Бель, удобно расположившись в специальном кресле в звуконепроницаемой камере лаборатории Университета Дьюка, видела, как на панели дисплея загорается ряд лампочек, ее правая рука хваталась за джойстик. Бель знала, что если внезапно вспыхнет свет и она передвинет джойстик в правильном направлении, ей достанется немного фруктового сока. Такая игра ей нравилась, и она превосходно ее освоила.

К голове обезьянки была приклеена шапочка. Под ней размещались четыре пластиковых соединительных устройства с держателями (матрицами) микроэлектродов — проволочек тоньше человеческого волоса. Они были вживлены в ткань той области мозга Бель, которая отвечает за планирование движений и посылает инструкции нервным клеткам в спинном мозге для дальнейшей реализации этих планов. Каждый из 100 микроэлектродов размещался у одного моторного (т.е. двигательного) нейрона. Когда нейрон генерировал электрический разряд, так называемый «потенциал действия», микроэлектрод «улавливал» электрический ток и через тонкий пучок проводов, выходящий из шапочки обезьянки, передавал его электронным устройствам, соединенным с двумя компьютерами. Один из них находился в соседней комнате, а другой — за тысячу километров от Бель, в Кембридже.

Долгие месяцы напряженной работы должны были завершиться испытанием, показывающим, возможно ли преобразование электрической активности мозга живого существа (проще говоря, мыслей нашей обезьянки) в сигналы, способные управлять действиями робота. Мы, без ведома Бель, смонтировали многозвенную руку робота, движениями которой обезьянке предстояло управлять. В общих чертах наш план выглядел так: головной мозг Бель фиксирует вспышку света, электронные устройства в режиме реального времени анализируют потенциалы действия

нервных клеток, лабораторный компьютер преобразует паттерны электрической активности в инструкции, направляющие движения механической руки. А за тысячу километров, в Кембридже, другой компьютер выполняет такие же операции для другой искусственной руки, сконструированной исследователями из Лаборатории по изучению контактов «человек—машина» в Массачусетском технологическом институте.

Нам требовалось преобразовать нейронную активность Бель в команды роботам всего за 300 миллисекунд. Именно такова естественная задержка между временем, когда моторная кора Бель планирует характер движения ее руки, и моментом, когда она посылает мышцам соответствующие инструкции. Если головной мозг живого существа сможет управлять работой двух механических рук разной конструкции (несмотря на помехи и задержки в передаче сигналов как в нашей лабораторной компьютерной сети, так и в сети Интернет), когда-нибудь это позволит больным людям управлять инвалидными колясками или даже парализованными конечностями.

И вот час пробил. Мы беспорядочно зажигали лампочки, и Бель тут же двигала рукоятку рычага в соответствии с сигналами, расположенными на панели. Руки нашего робота и робота в Кембридже двигались абсолютно синхронно с лапками обезьянки.

С того памятного дня прошло два года. Сегодня наши лаборатории располагают самым современным нейрофизиологическим и компьютерным оборудованием, микроэлектронными устройствами и робототехникой для разработки методик, с помощью которых крысы, обезьяны, а со временем и люди смогут управлять механическими и электронными машинами, просто-напросто «продумывая» их движения. Наша главная цель — дать возможность людям, парализованным в результате неврологических расстройств или травм спинного мозга, но не имеющим серьезных

поражений моторной коры, манипулировать креслами-каталками или механическими конечностями. Когда-нибудь исследователи помогут таким больным вновь обрести способность управлять собственными руками и ногами посредством беспроводной связи между имплантатами в головном мозге и конечностях. Это могло бы привести к созданию устройств, позволяющих восстанавливать или улучшать моторные, сенсорные или когнитивные функции.

Медикам пока не по силам ликвидировать последствия травм спинного и головного мозга. В будущем исследователи, возможно, научатся регенерировать поврежденные нейроны или «программировать» стволовые клетки. Но в обозримом будущем наиболее реальный способ восстановления моторных функций — использование интерфейсов «мозг-машина» (ИММ), или нейропротезов. Успешные эксперименты, проведенные нами на макаках, выполнявших иные задания, нежели Бель, приблизили нас к этой цели еще на один шаг.

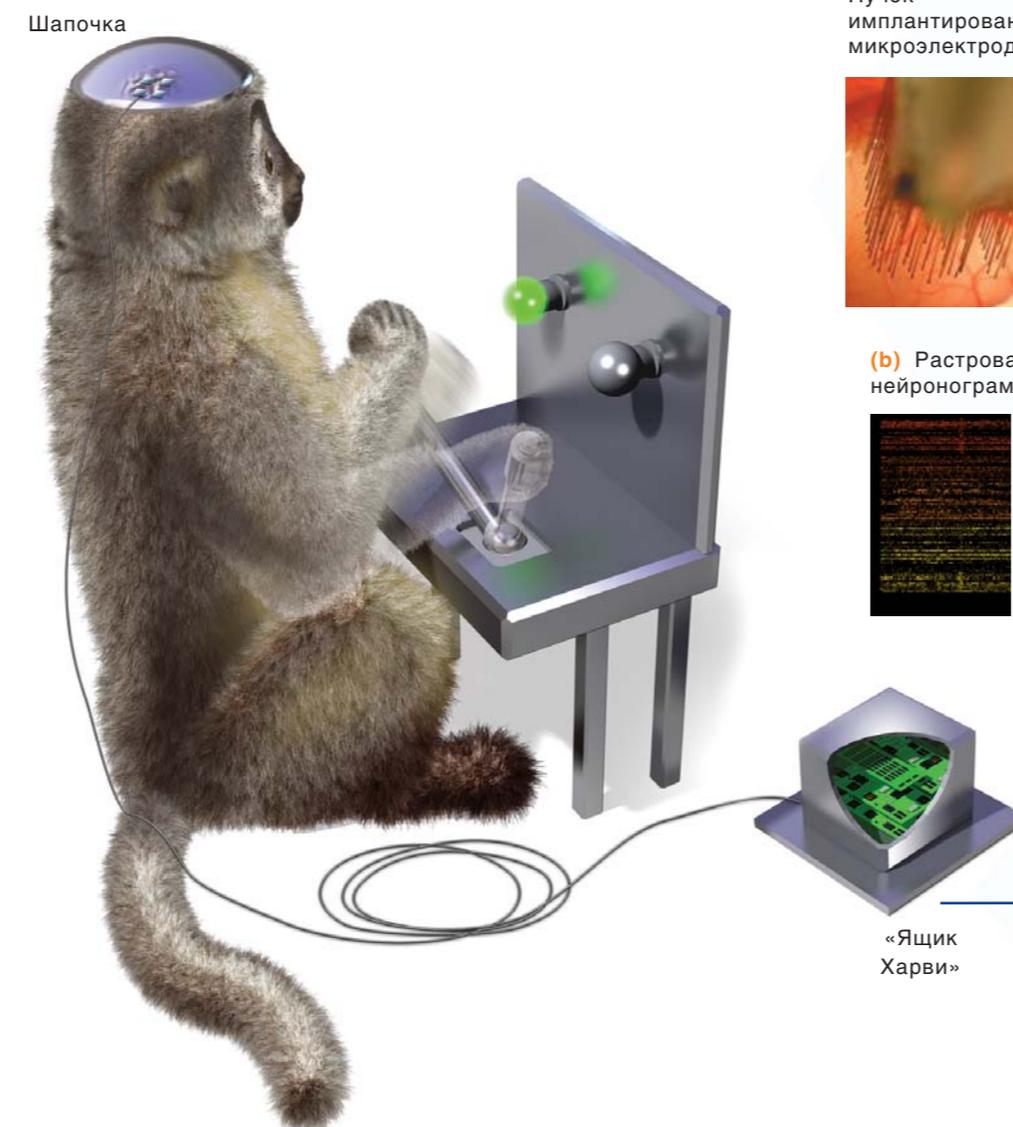
### От теории к практике

Недавние достижения в области интерфейсов «мозг-машина» отчасти основаны на открытиях 20-летней давности. В начале 1980-х гг. сотрудник Университета Джона Гопкинса зарегистрировал электрическую активность одиночных нейронов моторной коры у макака. Он обнаружил, что активность нервных клеток у обезьяны сильнее менялась тогда, когда она двигала рукой в определенном направлении. Когда же рука двигалась под некоторым углом к «предпочтительному» для нейронов направлению, их активность уменьшалась пропорционально косинусу этого угла. Таким образом выяснилось, что моторные нейроны коры «настроены» на широкий диапазон движений конечности, и что, отдавая двигательную команду, головной мозг вероятнее всего руководствуется совместной активностью широко рассредоточенных популяций одиночных нейронов.

Однако всякий раз, когда животное двигало конечностью, исследователь регистрировал активность лишь одного нейрона, расположенного в моторной области коры. Такой подход не мог подтвердить рабочую гипотезу, что схема кодирования движения возникает в результате одновременной активности многочисленных нейронов, расположенных во многих корковых областях. Нейрофизиологам было известно, что двигательные команды планируются и генерируются мозгом при взаимодействии лобной и теменной долей.

Когда Бель привела в движение руку робота лишь одним усилием мысли, к ее голове была приклеена шапочка, под которой размещались четыре пластиковых соединительных устройства, каждое с пучком имплантированных в кору тончайших микроэлектродов (а). Когда обезьянка замечала, что на панели вспыхивают лампочки, и принимала решение переместить рукоятку джойстика вправо или влево, микроэлектроды регистрировали электрические сигналы от активированных нейронов коры и передавали их электронным устройствам в «ящик Харви»

### Бель в лаборатории Университета Дьюка в Дареме, штат Северная Каролина



### РУКА БЕЛЬ ДЛИННОЮ В ТЫСЯЧУ КИЛОМЕТРОВ

«Ящик Харви» собирал, фильтровал, усиливал сигналы и пересылал их серверному компьютеру в соседней комнате. Сигналы, поступающие в ящик, могли быть представлены в виде растровых нейрограмм (б). Каждый горизонтальный ряд соответствует активности одиночного нейрона, зарегистрированной на протяжении некоего отрезка времени, каждый цветной штрих — разряд нейрона в данный момент времени.

Когда Бель собиралась совершить движение рукой, компьютер предсказывал траекторию (с) и преобразовывал информацию в команды для механической руки. Затем команды передавались другому компьютеру, управлявшему рукой робота и находившемуся в противоположном конце холла. Одновременно команды из лаборатории в Дареме посылались роботу в лабораторию, расположенную за тысячу километров. В результате обе механические руки двигались абсолютно синхронно с рукой Бель.



Но технические возможности не позволяли им осуществлять одновременную регистрацию нейронов в разных областях коры. Кроме того, большинство исследователей в то время полагало, что представление о работе головного мозга можно получить, изучая свойства нейронов «поодиночке» — подход, сравнимый разве что с попыткой объяснить экологическую структуру леса с помощью описания свойств отдельных деревьев.

К счастью, такую точку зрения разделяли далеко не все нейрофизиологи. Когда 14 лет назад авторы этой статьи встретились, речь тут же зашла об одновременной регистрации множества одиночных нейронов. В 1993 г. им удалось одновременно зарегистрировать активность 48 нейронов, расположенных в 5 структурах сенсомоторной системы крысы, т. е. в тех отделах головного мозга, которые воспринимают сенсорную информацию и используют ее для регуляции движений.

Мы добились столь успешных результатов благодаря новому поколению электродов, предназначенных для вживления в мозг животных. Они были изготовлены из нержавеющей стальной проволоки микроскопического диаметра с тефлоновым покрытием. В те годы большинство специалистов пользовались стандартными электродами, напоминая швейные иглы. Эффективно работали они лишь несколько часов, т.к. у их кончиков скапливались химические компоненты клеток, образующие слой электроизоляции. Кроме того, острие электродов повреждало нейроны даже при незначительных смещениях головного мозга, неизбежно сопровождающих обычную двигательную активность животного. Микроэлектроды, разработанные в нашей лаборатории, были более гибкими и имели более

тупые кончики диаметром около 50 микрон. Это дало нам возможность регистрировать активность одиночных нейронов целыми месяцами, и когда новая методика была освоена, мы приступили к разработке систем для преобразования мозговых сигналов в команды, способные управлять работой механического устройства.

Мы сконструировали небольшой «ящик Харви» с электронными устройствами, обеспечивающими выборочный анализ, фильтрацию и усиление нейронных сигналов, отводимых многочисленными электродами. Специально разработанные программы благодаря анализу особенностей электрического разряда каждой из клеток позволяли дифференцировать электрическую активность до 4 нейронов, одновременно регистрируемых одним электродом.

### Головной мозг крысы управляет движениями рычага

В специальной серии опытов, проведенных в середине 1990-х гг., мы обучали крысу управлять движениями рычага лишь усилием «мысли». Вначале мы тренировали животное нажимать передней лапой на педаль, соединенную с рычагом, находившимся за пределами клетки. Когда крыса нажимала на нее, электронное устройство наклоняло рычаг, и из желоба вытекала вода, которую животное могло выпить.

На голове крысы мы укрепили небольшой аналог интерфейса «мозг-машина», которым впоследствии предстояло воспользоваться Бель. Всякий раз, когда головной мозг животного отдавал лапе команду нажать на педаль, осуществлялась одновременная регистрация потенциалов действия 46 нейронов. Интегратор, запрограммированный с помощью подбора регистров, оценивал и обрабатывал сигналы нейронов и генерировал единый аналоговый выход, очень точно предсказывавший траекторию движения лапы крысы. Мы соединили этот интегратор с устройством управления, посредством которого он мог передавать команды рычагу.

Когда животное научилось нажимать на педаль, чтобы получать воду, мы отсоединили его от рычага. Крыса давила на педаль, но ничего не происходило. Зверек отчаянно повторял это действие много раз. Вдруг рычаг наклонился, и крыса получила каплю воды. Она не ведала, что 46 нейронов в ее мозгу выдали точно такой же паттерн импульсной активности, что и в случаях, когда нажатие на педаль избавляло крысу от жажды. И этот паттерн заставил интегратор привести в движение рычаг.

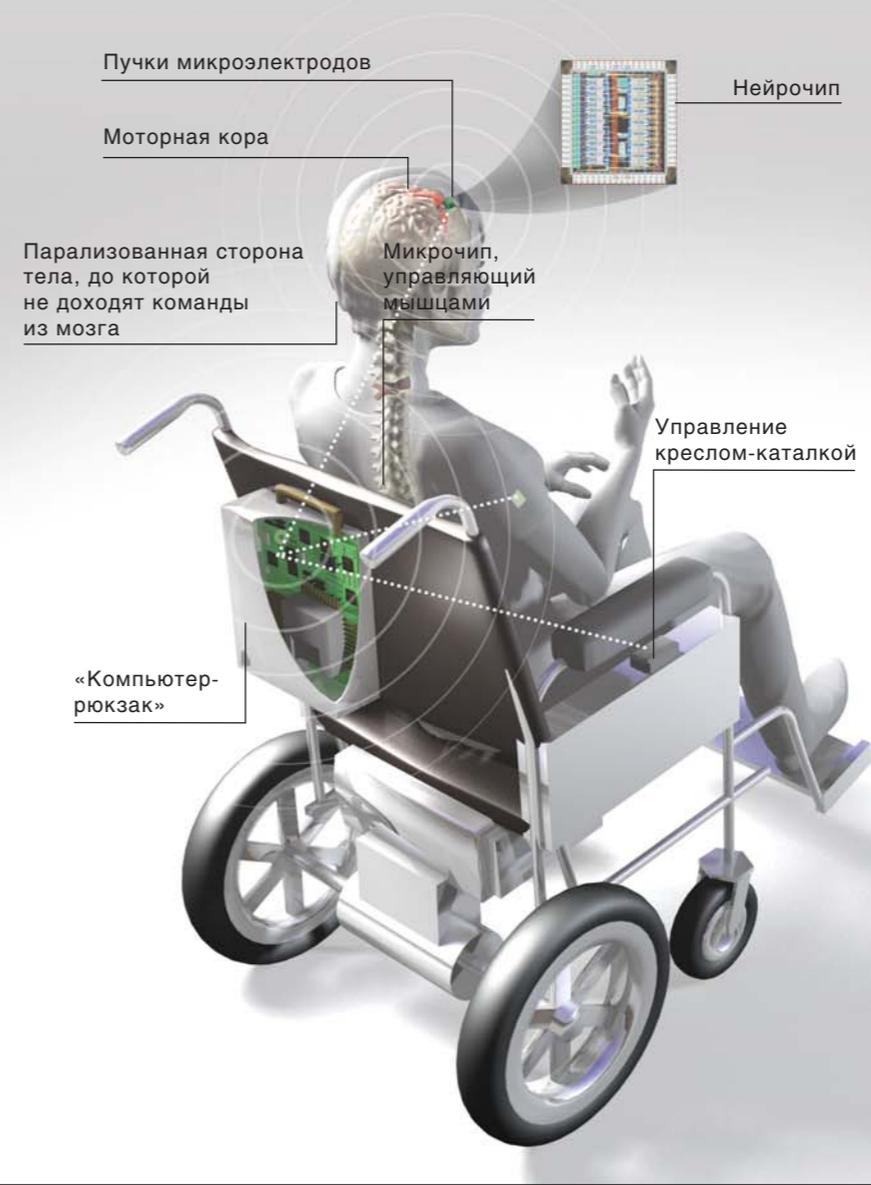
#### ОБЗОР: ИНТЕРФЕЙСЫ «МОЗГ—МАШИНА»

- Крысы и обезьяны, чей головной мозг был соединен проводами с компьютером, успешно управляли рычагом или рукой робота, просто представляя себе, как их собственная конечность нажимает на педаль или совершает движения.
- Такие «трюки» стали возможными благодаря созданию нового поколения микроэлектродов для вживления в моторную кору животных и разработке алгоритмов, преобразующих электрическую активность нейронов головного мозга в команды, способные управлять механическими устройствами.
- Создание сложных интерфейсов «мозг—машина» для человека — дело далекого будущего, но технологические разработки в конце концов позволят людям, лишившимся руки, управлять рукой робота одним усилием мысли, а больным с травмой спинного мозга — вновь обрести контроль над парализованной конечностью.

### ЗАГЛЯДЫВАЯ В БУДУЩЕЕ

**КОГДА-НИБУДЬ** интерфейс «мозг—машина» сможет помочь больному, чьи конечности оказались парализованными в результате травмы спинного мозга. Крошечные пучки микроэлектродов, имплантированных в различные моторные зоны коры головного мозга, будут соединены с нейрочипом в черепе. Когда больной представит себе, как движется его парализованная рука, чтобы, например, взять со стола яблоко, нейрочип преобразует его мысли в последовательность радиочастотных сигналов и без помощи проводов передаст их небольшому работающему на батарейках «компьютеру-рюкзак», помещенному за спинкой кресла.

Компьютер преобразует эти сигналы в двигательные команды и передаст их (снова без помощи проводов) другому микрочипу, имплантированному в руку больного. Такой микрочип сможет стимулировать нервы, которые заставят мышцы руки совершить требуемое движение. «Компьютер-рюкзак» сможет управлять также двигателем и тормозной системой кресла-каталки, стоит только больному мысленно представить себе, куда он хочет на нем доехать. Кроме того, компьютер сможет передать сигналы установленной на кресле руке робота.



Спустя несколько часов крыса окончательно поняла, что ей больше не нужно нажимать на педаль. Стоило зверьку представить, что он это делает, как нейроны начинали генерировать такой паттерн импульсной активности, который наш интерфейс «мозг—машина» воспринимал как двигательную команду к опусканию рычага. В общей сложности это задание успешно освоили 4 из 6 крыс. Они поняли, что им нужно лишь «продумать» действие. Точно так же и человек с травмированной или ампутированной конечностью смог бы управлять движениями руки робота, соединенной с его плечом.

### Головной мозг обезьяны управляет движениями руки робота

Успехи подопытных крыс вдохновили нас. Мы решили пойти дальше и заставить руку робота воспроизводить «трехмерные» движения, совершаемые обезьяной, животным, чей головной мозг имеет гораздо большее сходство с человеческим, чем крысиный.

Мы сконструировали интерфейс, позволяющий одновременно регистрировать активность до 100 нейронов в лобных и теменных долях коры. Сначала мы испытали его работу на нескольких обезьянках дурукули. Выбор пал на этих животных потому, что моторные зоны представлены у них гладким поверхностным слоем коры, что значительно облегчает вживление микроэлектродов в мозг. В своих первых экспериментах мы обучали обезьян (в том числе и Бель) двигать джойстик влево и вправо в ответ на появление света в левой или правой частях экрана. Через некоторое время мы усаживали их в кресла перед непрозрачной перегородкой. Когда она поднималась, обезьяны видели перед собой лежащий на подносе фрукт. Животные должны были протянуть руку, взять его, поднести ко рту и вернуть руку в исходное положение.

Положение руки животного можно было точно предсказать за несколько сотен миллисекунд на основании простого суммирования электрической активности моторных нейронов коры. Главная хитрость заключалась в том, что для наиболее эффективного предсказания движений в реальном времени компьютер должен был непрерывно суммировать активность, генерируемую нейронами за секунду до совершения животным этих движений.

Затем мы приобрели более совершенную модель «ящика Харви». С помощью данного устройства и нескольких специально разработанных алгоритмов реального времени наш компьютер производил выборки и интегрировал каждые

50–100 миллисекунд потенциалы действия нейронов. Компьютерные программы преобразовывали выход в инструкции, способные направлять движения руки робота в трехмерном пространстве. После этого мы использовали интерфейс «мозг—машина» для управления роботом. Когда мы наблюдали за тем, как многозвенная рука робота повторяет жесты Бель, нам едва верилось в реальность происходящего. Ведь из десятков миллионов нейронов головного мозга работу руки осуществляли всего-навсего 50–100 наугад выбранных нами нервных клеток!

Последующий математический анализ показал, что точность движений робота пропорциональна числу регистрируемых нейронов, но с увеличением их числа эта линейная зависимость начинала сходить на нет. Выборка из 100 нейронов позволяла нам создавать траектории движений робота, совпадавшие с траекториями руки обезьяны примерно на 70%. Как показал последующий анализ, для 95% точности достаточна выборка всего из 500–700 нейронов (в зависимости от того, в какой области мозга находятся нервные клетки). В настоящее время мы пытаемся определить число нейронов, необходимое для воспроизведения движений в трех плоскостях. Подозреваем, что и в этом случае счет пойдет на сотни, а не на тысячи нейронов.

Полученные результаты указывают на то, что в пределах каждой корковой области «нервная команда» имеет диффузную локализацию. Животному такая «децентрализация» очень выгодна: в случае травмы у головного мозга имеется огромный запас резервных элементов. А для исследователей это означает, что работу нейропротеза, основанного на ИММ и предназначенного для парализованных больных, могут обеспечить гораздо меньшие популяции нейронов, чем предполагалось прежде.

Эксперименты с Бель и с другими животными показали, что по мере того как они все лучше справлялись с заданием, свойства их нейронов изменялись. Чтобы приспособиться к такому «моторному обучению», мы дополнили нашу модель простой программой, позволившей периодически переоценивать вклад каждого нейрона. Нервные клетки, перестававшие играть значимую роль, исключались из модели, а нейроны с более выраженной активностью вводились в нее. По сути дела, мы научились «вычленять» из головного мозга нервный выход, определяющий траекторию движения руки.

Важно отметить, что постепенное изменение характера нейронной активности расширяет



пластические возможности головного мозга. Количество потенциалов действия, генерируемое нейроном перед данным движением руки, изменяется по мере того, как совершенствуются навыки животного в экспериментальной ситуации. И все же динамичное изменение свойств нейронов не составляет помехи для практического использования интерфейсов «мозг—машина». Одно из преимуществ диффузного нейронного выхода заключается в том, что он не зависит от функционирования какой-либо небольшой группы нейронов. Если ИММ может поддерживать надежную регистрацию активности сотен и даже тысяч одиночных нейронов в течение нескольких месяцев и даже лет и использовать модели, способные к обучению, он легко «приспособится» к изменению свойств нейронов, гибели нервных клеток и даже к ухудшению качества регистрации нейронной активности микроэлектродами.

### Использование сенсорной обратной связи

Эксперименты с участием Бель доказали, что ИММ может «сотрудничать» с головным мозгом примитивных приматов. Но можно ли приспособить его для работы с более сложным мозгом? Чтобы ответить на этот вопрос, мы начали серию экспериментов с участием трех макаков. Поверхность головного мозга обезьян покрыта глубокими бороздами и извилинами, напоминающими мозг человека.

В исследовании применялся такой же ИММ, что и в экспериментах с Бель, но с одним существен-

ным дополнением: теперь, используя зрительную обратную связь, обезьяны сами могли судить о том, насколько точно ИММ воспроизводит движения их рук. Произвольно двигая джойстик в разных направлениях, животные могли изменять положение курсора на экране компьютера. Внезапно в каком-либо месте экрана появлялась круглая мишень. Для того чтобы получить глоток фруктового сока, обезьяна должна была быстрым движением джойстика (в пределах 0,5 секунды) «попасть» курсором в мишень.

Первой успешно справилась с заданием изящная самка по кличке Аврора, которая с явным удовольствием демонстрировала свое умение ловко «поражать цель». Сотрудники нашей лаборатории в течение года регистрировали активность до 92 нейронов в пяти лобных и теменных областях коры этой обезьянки.

Когда Аврора полностью освоила «игру», мы решили подшутить над ней. Примерно в 30% испытаний мы прерывали связь между джойстиком и курсором. Отныне обезьяна должна была полагаться исключительно на активность своего мозга, анализируемую ИММ. Какое-то время Аврора еще продолжала совершать движения руками, но через несколько дней поняла, что может полностью регулировать положение курсора мозгом. Через несколько недель, в течение которых ежедневно проводились испытания, обезьяна вообще перестала утруждать себя, просто мысленно «прочерчивая» траекторию движения курсора на экране.

Поскольку Аврора могла следить за ходом выполнения задания с помощью экрана, предсказания интерфейса «мозг—машина» становились более точными — даже в тех случаях, когда регистрировалась активность одних и тех же нейронов. Зрительная обратная связь помогла Авроре максимизировать реакцию ИММ на обучение как мозга, так и машины. А если так, то зрительная или какая-либо иная сенсорная обратная связь позволит людям улучшать функционирование своих собственных интерфейсов «мозг—машина».

Прошел год с тех пор, как в головной мозг Авроры были вживлены микроэлектроды. Мы ежедневно регистрируем активность 60–70 нейронов, а это означает, что наша конструкция микроэлектродов способна обеспечить длительное, высококачественное многоканальное отведение электрических сигналов даже у приматов со «складчатой» поверхностью коры.

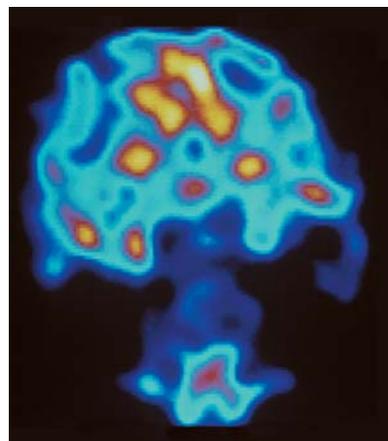
Недавно мы приступили к модификации интерфейса «мозг—машина» для подготовки новой

**БЛОКАДА СУДОРОГ**

Как показали недавние исследования, в будущем интерфейсы «мозг—машина» позволят предотвращать судорожную активность головного мозга у больных, страдающих тяжелыми формами хронической эпилепсии. Судорожные припадки могут развиваться по несколько десятков раз в день, что делает жизнь больного невыносимой и может привести к тяжелому поражению мозга. Что еще хуже, больные, как правило, становятся толерантными к традиционной медикаментозной терапии.

Для предотвращения судорог ИММ будет функционировать наподобие водителя сердечного ритма (пейсмейкера). Он будет постоянно следить за электрической активностью головного мозга и выявлять паттерны, свидетельствующие о приближении припадка. Если ИММ выявит такой сигнал, он передаст в мозг или периферическому нерву электрическое раздражение, которое подавит развитие припадка или стимулирует высвобождение противосудорожного лекарства.

В Университете Дьюка исследователи обосновали возможность такого подхода. ИММ обеспечивали микроэлектроды, вживленные в мозг крыс, которым вводился пентилентетразол, — препарат, вызывающий повторные эпилептические припадки средней тяжести. Развитие припадка сопровождается высоко синхронными вспышками активности корковых нейронов. Когда «мозговой пейсмейкер» выявлял такой паттерн активности, он запускал электрическую стимуляцию одной из ветвей тройничного нерва — большого небного нерва. Короткий стимул быстро и эффективно, не повреждая нерв, прерывал эпилептическую активность и снижал частоту развития и длительность судорог.



Головной мозг во время эпилептического припадка. Желтым выделены зоны повышенной активности мозга. Изображение получено с помощью позитронно-эмиссионной томографии.

серии опытов с использованием тактильной обратной связи. ИММ будет управлять рукой робота, снабженной механизмом захвата, имитирующей кисть. Силовые датчики сообщат о том, что рука робота соприкоснулась с предметом и определяют силу, необходимую для его удержания. Вживление под кожу небольших вибраторов обеспечит так-

тильную обратную связь, благодаря которой обезьяна сможет узнать, насколько предмет тяжел, скользок и т.д. По изменению частоты вибраций животное сможет судить о том, какая сила потребуется руке робота, чтобы поднять кусочек фрукта, удержать его на весу и донести до рта. Такой эксперимент стал бы самым убедительным доказательством того, что даже тяжело парализованный человек вполне может вернуть себе способность двигать конечностями благодаря вживленному в мозг имплантату, соединенному (проводами или без них) с генераторами сигналов в руке или ноге.

Если зрительные и тактильные ощущения имитируют информацию, которой обычно обмениваются рука обезьяны с головным мозгом, то долгосрочное взаимодействие с ИММ сможет, по-видимому, «побудить» головной мозг включить робота в свои «представительства». Иными словами, не исключено, что мозг приобретет способность воспринимать искусственное устройство как еще одну часть тела, а нервная ткань мозга сможет обслуживать руку робота.

Для проверки гипотезы мы проведем новую серию экспериментов, подобных тем, в которых участвовала Аврора, с той лишь разницей, что рука подопытного животного будет анестезирована, чтобы блокировать передачу любой естественной информации по принципу обратной связи. Если головной мозг животного включит руку робота в «представительства» тела, можно ожидать, что то же самое сможет сделать и мозг парализованного человека.

Головной мозг очень пластичен. Но всему есть предел. Маловероятно, например, что человек, перенесший тяжелый инсульт, сможет обрести полный контроль над функционированием робота. Как правило, поражения мозга при такой болезни имеют обширный характер и затрагивают большую массу белого вещества (состоящего из нервных волокон, связывающих друг с другом отдельные области мозга), что приводит к сильному снижению пластичности. Вот почему жертвы инсульта, утратившие способность двигать конечностями, обретают ее вновь довольно редко.

**Оценка реальных возможностей**

Исследователям предстоит преодолеть еще множество различных трудностей, пока интерфейсы «мозг—машина» по праву будут считаться безопасным, надежным и эффективным терапевтическим средством. Способность ИММ улучшать состояние больных, не подвергая их риску

неврологических осложнений, требуют проверки клиническими испытаниями.

Нейрофизиологам необходимо выяснить, смогут ли мультиэлектроды обеспечить надежную регистрацию нейронной активности, не вызывая повреждений нервной ткани и риска инфекции. Недавно мы вживили в восемь корковых зон макаки в общей сложности 704 микроэлектрода и одновременно регистрировали активность 318 нейронов.

Мы уже начали разрабатывать имплантируемые микроэлектронные устройства, благодаря которым для распознавания паттернов нейронной активности более не потребуются программы, что в конце концов освободит ИММ от «компьютерного бремени». Совместно с Лабораторией Патрика Вульфа из Университета Дьюка мы создали первый беспроводный нейрочип и испытали его функционирование на обезьянке Авроре.

Все больше исследователей начинают понимать, какую колоссальную помощь могут оказать интерфейсы «мозг—машина» людям, попавшим в беду. В прошлом году нейропротезами стали заниматься несколько неврологических лабораторий традиционного направления. Предварительные результаты исследований недавно были получены в Университете штата Аризона, Университете Брауна и Калифорнийском технологическом институте. Некоторые исследования подтверждаются данными, полученными нами в результате опытов на крысах и обезьянах. Ученые из Университета штата Аризона в общих чертах воспроизвели наш метод изучения «трехмерных» движений у обезьян дурукули и показали, что его с успехом можно применять и на резусах. В экспериментах, проведенных в Университете Брауна, макак резус должен был перемещать курсор по экрану монитора. Обе группы ученых регистрировали у каждого животного по 10–20 нейронов. Успех их исследований — наглядное подтверждение тому, насколько быстро развивается эта новая область науки.

В наиболее эффективных в практическом плане интерфейсах «мозг—машина» будет использоваться одновременная регистрация от нескольких сотен до нескольких тысяч одиночных нейронов, расположенных в многочисленных двигательных зонах лобных и теменных долей. Какой-либо клинической пользы от интерфейсов, основанных на регистрации небольшого числа (30 и менее) нейронов в одной корковой области, ждать не приходится: им будет недоставать «резервной мощности», требующейся для адаптации системы к гибели нервных клеток или изменению их реактивности. Скорее всего бесполез-

**Эпилепсию в настоящее время лечат антиэпилептическими препаратами, которые регулируют деятельность клеточных мембран, ограничивая выброс возбуждающих аминов и уменьшая активность ГАМК-аминотрансферазы, которая инактивирует гамма-аминомасляную кислоту — основной тормозной медиатор нервной системы. ФКД удаляют хирургическим путем. Таким образом, эпилепсия лечится как терапевтическим, так и хирургическим методами.**

ной станет и другая крайность — регистрация миллионов нейронов с помощью макроэлектродов: такая процедура может оказаться слишком инвазивной.

Неинвазивные методы, обещающие дать неплохие результаты в некоторых областях медицины, найдут, вероятно, ограниченное применение и для управления протезом с помощью мысли. Отведение электрической активности с поверхности головы, получившее название электроэнцефалографии (ЭЭГ), — метод, способный обеспечить функционирование ИММ иного рода. Исследователи из Тюбингенского института в Германии с успехом использовали ЭЭГ и компьютерный интерфейс для обучения парализованных больных регулированию своей ЭЭГ-активности таким образом, чтобы можно было выбирать на экране компьютера нужные буквы и затем составлять из них сообщения. Несмотря на то что процесс занимает много времени, он предоставляет больным единственную возможность общаться с окружающим миром. И все-таки ЭЭГ-сигналы не могут непосредственно использоваться для управления протезами конечностей: они отражают некую усредненную электрическую активность очень широкой популяции нейронов, из которых трудно вычленивать тончайшие колебания электрической активности, необходимые для кодирования точных движений руки.

Несмотря на предстоящие трудности, у нас есть все основания смотреть в будущее с оптимизмом. Когда экран компьютера светился яркими вспышками нейронной активности Бель, мы стали свидетелями процесса рождения мысли в головном мозге обезьянки. Бель думала всего лишь о том, как ей заполучить сок, но даже такая немудреная мысль смогла отдать приказ окружающему миру и помогла обезьянке добиться вполне реальной цели. ■

(В мире науки, № 2, 2003)

# ЗВУЧАЩИЕ КРАСКИ И ВКУСНЫЕ ПРИКОСНОВЕНИЯ

Виляяну Рамачандран и Эдвард Хаббард

Синестезия проливает свет на организацию  
и функции головного мозга человека

Когда Мэтью Блейкли ощупывает рукой гамбургер, у него во рту появляется горечь. Эсмеральда Джонс, услышав взятый на пианино додиез, видит синий цвет (другие ноты окрашены у нее в иные цвета). А Джеффу Коулману цифры, напечатанные черным шрифтом, кажутся разноцветными. Мэтью, Эсмеральда и Джефф (имена вымышленные) — представители немногочисленной категории людей, обладающих синестезическими способностями. Они воспринимают окружающий мир не так, как все, и живут в особом измерении между реальностью и фантазией. Ощущения (осязательные, вкусовые, слуховые, зрительные и обонятельные) возникают у них не в чистом виде, а в сочетании с каким-нибудь иным, дополнительным чувством (ощущением).

Исследователи задумались над природой синестезии (возникновение ощущений разной природы) еще в XIX веке. Статья Фрэнсиса Гальтона (двоюродного брата Чарлза Дарвина), посвященная этому явлению, появилась в журнале *Nature* в 1880 г. Впрочем, большинство исследователей отмахивались от синестезии, считая ее мошенничеством, артефактом, связанным с употреблением наркотиков (сходные эффекты вызывают ЛСД и мескалин), или любопытной, но не заслуживающей серьезного внимания способностью человека. Несколько лет назад мы приступили к изучению нейрофизиологических механизмов, ответственных за синтез ощущений. Попутно нам удалось пролить свет и на некоторые другие таинственные аспекты человеческой психики — эволюцию абстрактного мышления, метафорических образов, а возможно, и языка в целом.

Обычно синестезия объясняется активизацией следов памяти и ассоциаций, образовавшихся в раннем возрасте. Так, любимой детской забавой синестета могла быть игра в кубики с цифрами «5» на красных и «6» на зеленых гранях. В таком случае возникает закономерный вопрос, почему яркие следы сенсорной памяти сохраняются

лишь у некоторых людей? Глядя на изображение льдины, каждый из нас может представить себе холод, но далеко не все его почувствуют.

Согласно расхожему мнению, синестеты, характеризуя ноту до-бемоль как красную, а вкус курятины как тонкий, попросту прибегают к метафорам — точно так же, как обычные люди говорят иногда о кричащем цвете или остром сыре. Обиходная речь вообще изобилует фигуральными выражениями, а синестеты — особые мастера их придумывать.

Действительно ли синестезия имеет сенсорную природу? Впервые мы обратились к этой проблеме в 1999 г. Казалось, вполне естественным начать с прямого вопроса: «Вы и вправду видите цвет перед глазами или возникает некая ассоциация?» Очень скоро такой подход завел нас в тупик. Некоторые испытуемые давали четкий ответ: «Да, я явственно вижу перед глазами цвет». Но куда чаще раздавалось: «Вроде бы вижу, но не уверен...» или «Нет, это не совсем ассоциация. Я отчетливо вижу данную цифру красной, но я знаю также, что она не красная. Она черная. Значит, наверное, это все-таки ассоциация».

Для того чтобы выяснить, связан ли тот или иной феномен с восприятием, психологи прибегают к простому тесту, называемому сегрегацией. Если посмотреть на несколько наклонных линий, разбросанных среди множества вертикальных прямых, наклонные линии словно отступают на второй план. Их тут же можно мысленно отделить от фона и сгруппировать, например, в треугольную фигуру. Если большинство элементов фона составляют зеленые точки, а вас попросят посмотреть на красные, вам покажется, что последние отходят на второй план. А вот черные «двойки», беспорядочно разбросанные среди «пятерок» такого же цвета, сольются с ними в однородную мешанину. Для того чтобы отделить «двойки» от «пятерок», придется внимательно приглядываться к каждой цифре, хотя соседние



цифры отличаются друг от друга ничуть не хуже, чем наклонные линии от прямых. Таким образом, основу для группировки элементов обеспечивают лишь некие примитивные признаки (например, цвет точек или ориентация линий), а не более сложные перцептивные качества (например, численное значение цифр).

А что произойдет, если мешанину из цифр показать синестетам, утверждающим, что видят «пятерки» в красном цвете, а «двойки» — в зеленом? Мы расположили «двойки» таким образом, чтобы они образовывали вершины треугольника. Если синестезия и в самом деле сенсорный феномен, испытуемые без труда разглядят треугольник, т.к. цифры видятся ими в разном цвете.

Когда мы предложили тест обычным людям, никакого чуда не произошло, однако синестеты в 90% случаев правильно идентифицировали форму спрятанной фигуры. Таким образом, напрашивается вывод, что индуцируемые цифрами цвета — не выдумка синестетов, а подлинно сенсорные ощущения. Приведем еще один поразительный пример. Синестет, у которого цифра «5» вызывала ощущение красного, смотрел на белое изображение «пятерки» на дисплее компьютера. Он не замечал никаких изменений, когда мы увеличивали интенсивность красного цвета в изображении до тех пор, пока она не становилась достаточно высокой для восприятия глазом. Но он сразу же замечал самое незначительное увеличение интенсивности зеленого цвета в изображении цифры.

### Переработка зрительной информации

Если синестезия реально существует, уместно спросить: почему необычное явление встречается лишь у некоторых людей? Результаты наших экспериментов подтверждают предположение,

что причина кроется в особенностях нервных связей между различными отделами головного мозга. Впервые гипотеза была высказана более века назад, но только теперь мы можем говорить, в каких именно отделах мозга локализованы связи и как они функционируют.

Чтобы разобраться в нейрофизиологических механизмах синестезии, необходимо в общих чертах ознакомиться с процессами переработки зрительной информации в головном мозге. После того как отраженный от предмета свет попадает на палочки (светочувствительные рецепторы) и колбочки (рецепторы цвета) в сетчатке глаза, он посылает нервные сигналы в поле 17, расположенное в затылочной доле коры головного мозга. Здесь изображение предмета подвергается дальнейшему анализу, и мозг оценивает его элементарные признаки: цвет, параметры движения, форму, глубину и т.д. Полученные сведения передаются в несколько обширных областей височных и теменных долей коры. Данные о цвете поступают в поле V4 веретенообразной извилины височной коры. Отсюда они направляются в центры переработки цветовой информации более высокого иерархического уровня (в том числе в небольшой участок коры, расположенный по соседству с зоной ТРО — областью на стыке височной, теменной и затылочной долей коры). Эти участки мозга ответственны за более сложные аспекты переработки цветовой информации. Так, например, благодаря их деятельности листья в сумерках кажутся такими же зелеными, как и в полдень, хотя спектральный состав отражаемого ими света в это время суток совсем иной.

Переработка информации, связанная с численными расчетами, протекает тоже поэтапно. Она начинается в веретенообразной извилине, где распознается форма цифровых символов, а завершается в угловой извилине — части зоны ТРО, ответственной за формирование таких представлений, как последовательность и количество. (При повреждении угловой извилины вследствие инсульта или опухоли большой может идентифицировать цифры, но не способен выполнять операции деления и вычитания.) Исследования, проведенные с помощью магниторезонансной томографии, указывают и на то, что изображения букв или цифр (графемы) вызывают у людей активацию нейронов веретенообразной извилины, а переработка звуков (фонем) протекает на более высоких уровнях, находящихся в непосредственной близости от зоны ТРО.

Поскольку информация и о цвете, и о цифрах перерабатывается в веретенообразной извилине

### «СИНТЕТИЧЕСКИЕ» ОЩУЩЕНИЯ

При одной из наиболее распространенных форм синестезии изображения цифр вызывают цветовые ощущения. Это объясняется взаимной активацией областей мозга, которые в норме при переработке цветовой и цифровой информации друг с другом не взаимодействуют.

Нервные импульсы из сетчатки направляются в поле 17, расположенное в задней части головного мозга. Здесь анализируются такие простые признаки раздражителя, как его цвет, форма, глубина. Затем информация о цвете передается в поле V4, рядом с которым расположена зона, где перерабатывается информация о внешнем виде цифр. Здесь и осуществляется взаимодействие между цветовой и цифровой зонами мозга (короткие розовые и зеленые стрелки). Наконец, цветовая информация достигает зоны ТРО. В угловой извилине (там, где формируются представления о последовательности и количестве) происходит переработка информации, связанная с числовыми расчетами. Этим может объясняться синестезия, при которой цветовые ощущения связаны с абстрактными числовыми последовательностями (днями недели, месяцами и т.д.).

Изображение мозга синестета, полученное с помощью магниторезонансной томографии. Когда испытуемый рассматривает белые цифры на сером фоне, отмечается высокая активность (выделена желтым) поля V4, ответственного за переработку цвета. У обычных испытуемых такой активации не отмечается.

### ОБЗОР: СИНЕСТЕЗИЯ

- Синестезия (от греческих слов *syn* — вместе и *aisthesis* — чувство) — одновременное возникновение ощущений разной природы (модальности) при воздействии мономодального раздражителя.
- Долгое время ученые считали синестезию уловкой мошенников или объясняли ее активацией следов памяти. Сегодня доказана реальность этого явления. Ее объясняют взаимной активацией определенных областей мозга, которые в норме функционально разобщены.
- Изучая механизмы синестезии, исследователи попутно получают новые данные о переработке сенсорной информации в мозге и ее использовании для формирования абстрактных связей между, казалось бы, никак не связанными друг с другом объектами и представлениями.

и в области мозга, расположенной рядом с угловой извилиной, мы предположили, что цифрово-цветовая синестезия возникает в результате взаимосвязей между полем V4 и областью, ответственной за идентификацию цифр (обе находятся в веретенообразной извилине), или между центром переработки цветовой информации более высокого уровня и областью, ответственной за формирование арифметических представлений (обе — в зоне ТРО). Другие, более экзотические виды синестезии могут быть результатом взаимосвязей между структурами мозга, отвечающими за переработку иных форм сенсорной информации. Так, звуки могут вызывать цветовые ощущения благодаря тому, что центр слуха в височных долях

тоже расположен неподалеку от корковой области более высокого уровня, получающей цветовую информацию из поля V4. А тактильно-вкусовые ощущения Мэтью Блейкли могут быть опосредованы взаимосвязями между корковой областью, локализованной в островковой доле коры (в островке) и отвечающей за вкусовую чувствительность, и соседней областью, ответственной за тактильную чувствительность пальцев руки.

До сих пор явление синестезии объяснялось существованием физических взаимосвязей между различными областями коры. Однако полученные данные указывают на то, что синестезия может возникать и тогда, когда количество физических (нервных) связей между областями мозга



«Я не могу рассмотреть центральную цифру. Она расплывчатая, но красная. Поэтому я утверждаю, что это — «пятерка». Хотя сознание испытуемого и не зарегистрировало центральную цифру, связанная с ней информация подверглась переработке в одном из участков головного мозга. Таким образом, синестет логически идентифицировал цифру по цвету. Если наше предположение о кросс-активации верно, то это означает, что цифровая информация преобразовывается в веретенообразной извилине и вызывает цветовое ощущение еще до того, как в мозгу начинается переработка информации, связанная с дедуцированием цифр. Как ни парадоксально, синестезию может породить даже невидимая цифра.

Данный вывод подтверждает и еще одно обстоятельство. Когда мы уменьшали контраст между интенсивностью окраски цифры и фона, у испытуемых цветовые синестетические ощущения постепенно ослабевали, а при низком контрасте исчезали вовсе. Это указывает на то, что зрительное восприятие цифр далеко не всегда порождает цветовые синестетические ощущения. Возможно, активация нейронов веретенообразной извилины, вызываемая низкоконтрастными цифрами, вполне достаточна для осознанного восприятия цифр, но недостаточна для активации цветовых клеток поля V4.

Кроме того, было обнаружено, что изображения римских цифр у испытуемых-синестетов не вызвали никаких цветовых ощущений. Это свидетельствует о том, что цветовое ощущение вызывает не численное значение цифры, а зрительное восприятие графемы. Следовательно «цифро-цветовая» синестезия может возникать в результате активации двух участков веретенообразной извилины, т.к. эта структура участвует главным образом в анализе изображения, а не численного значения цифр.

Когда круг наших испытуемых-синестетов расширился, стало ясно, что все они расцветчивают окружающий мир по-разному. У некоторых из них даже дни недели и месяцы года вызывали цветовые ощущения. Понедельник иногда был зеленым, среда — розовой, а декабрь — желтым. Единственным, что объединяло дни недели, месяцы и цифры, было представление испытуемого о числовой последовательности. Возможно, у некоторых синестетов цветовые ощущения вызывает не зрительное восприятие (внешний вид) цифры, а скорее абстрактное понятие числовой последовательности. В таком случае не исключено, что кросс-активация происходит не между областями веретенообразной извилины, а между угловой извилиной и центром переработки цветовой

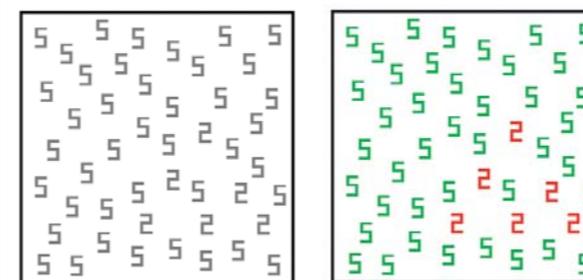
не отличается от нормы, но баланс между уровнем химических веществ, которыми обмениваются структуры, нарушен, поэтому сегодня мы предпочитаем говорить о кросс-активации корковых областей. Известно, что соседние участки мозга нередко подавляют активность друг друга. Нарушение химического равновесия, ослабляющее это взаимное сдерживание (вызванное, например, блокадой действия некоего тормозного нейротрансмиттера), приводит к активации одной области, что, в свою очередь, влечет за собой повышение уровня активации соседнего участка. В принципе, такая взаимная активация может иметь место и между двумя удаленными областями мозга, что могло бы объяснить некоторые редко встречающиеся формы синестезии.

Данное предположение подтверждается и данными психологических экспериментов. Когда мы рассматриваем маленькое изображение знака «+», на некотором расстоянии от которого изображена цифра «5», нам нетрудно распознать цифру, даже если она и не находится в центре зрительного поля (рис. с. 109). Но если цифру «5» поместить среди других цифр (например, «троек»), ее идентификация будет затруднена, т.к. она исчезнет из фокуса. Испытуемые с обычным восприятием узнают «пятерку» только по чистой случайности, что объясняется ограниченностью ресурсов нашего внимания, а не тем обстоятельством, что периферическое зрение дает расплывчатое изображение предметов. «Тройки» отвлекают нас от расположенной в центре «пятерки» и мешают рассмотреть ее как следует.

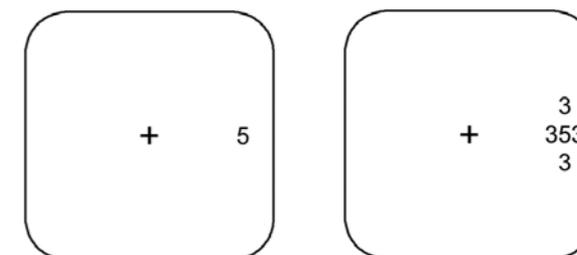
Представьте наше удивление, когда тест был предложен синестету. Глядя на экран, он заявлял:

### МИР, ЗАКОДИРОВАННЫЙ ЦВЕТОМ

**В ТЕСТЕ** зрительной сегрегации синестеты, у которых цифры вызывают определенные цветовые ощущения, мгновенно идентифицируют треугольник, образованный «двойками» в окружении «пятерок» (справа). Испытуемые с обычным восприятием должны для этого внимательно рассматривать каждую цифру по отдельности (слева).



**ЕСЛИ ИСПЫТУЕМЫЙ** смотрит на расположенный в центре поля зрения «+», то с помощью периферического зрения он без труда различает одну цифру, изображенную на некотором расстоянии от центрального объекта (слева). Но если она окружена другими символами (справа), обычному испытуемому распознать ее не удастся — она покажется ему слишком расплывчатой. Синестет легко узнает ее по цвету.



информации более высокого уровня, расположенным близ ТРО. Взаимодействием этих областей и можно было бы объяснить, почему цветовые ощущения у таких синестетов вызывают даже абстрактные представления о числах, связанные с днями неделями или месяцами года. Иными словами, следует говорить о разных формах синестезии: высшей, связанной с представлениями о числовой последовательности, и низшей, порождаемой изображениями символов.

В исследованиях, проведенных с помощью магниторезонансной томографии совместно с Джеффом Бойнтоном (Geoff Boynton) из Института биологических исследований Солка в Сан-Диего, были получены данные, подтверждающие локальную активацию поля V4, предсказанную кросс-активационной моделью синестезии. Когда перед синестетами появлялись черные и белые цифры, активация мозга возрастала не только в цифровом поле (что встречалось и у обычных испытуемых), но и в поле, ответственном за переработку цветовой информации. Отмечались также различия в характере активации у испытуемых с разными формами синестезии. У тех, у кого наблюдалась низшая форма, прослеживалась гораздо более высокая, чем у контрольных испытуемых, активация этих зон на ранних стадиях переработки цветовой информации. У испытуемых с высшей формой уровень активации этих зон на ранних стадиях был ниже.

### Синестезия и метафоры

Разгадка нейробиологических механизмов синестезии проливает свет на природу некоторых

творческих способностей художников, писателей и поэтов. Среди людей искусства синестеты встречаются в 7 раз чаще, чем среди населения в целом. Одна из свойственных им особенностей — легкость, с которой они используют метафоры. Ассоциации между предметами и явлениями, не имеющими, казалось бы, ничего общего, словно сами собой рождаются в их головах. Синестезия предполагает формирование произвольных связей между стимулами, не имеющими, на первый взгляд, никакого отношения друг к другу (например, между цифрой и цветом). Метафора же допускает формирование связи между понятиями и представлениями тоже на первый взгляд не имеющими между собой ничего общего. Случайно ли такое совпадение?

За развитие абстрактных понятий отвечают особые области головного мозга. По-видимому, нет ничего более абстрактного, чем число, но и эта сущность представлена в сравнительно небольшом участке головного мозга — угловой извилине. Допустим, что в результате мутации, вызывающей синестезию, возрастает количество связей между различными корковыми центрами — маленькими участками коры, ответственными за формирование тех или иных представлений (например, связанных с восприятием формы предметов или оттенков какого-либо цвета). В зависимости от того, в каком месте головного мозга и насколько широко в нем экспрессировался этот ген, человек может стать обладателем синестетических и творческих способностей. Это объясняет выживание совершенно, казалось бы, бесполезного гена синестезии в человеческой популяции.

Результаты наших исследований свидетельствуют также о том, что синестетические ощущения свойственны всем людям. Зона ТРО (и находящаяся в ее границах угловая извилина), играющая важную роль в возникновении синестетических ощущений, в норме принимает участие в кросс-модальном синтезе ощущений. Ученые считают, что в эту область коры стекается тактильная, слуховая и зрительная информация для последующе-

### ОБЫЧНЫЕ ВОПРОСЫ

#### • Какие существуют формы синестезии?

Ученые различают около 50 форм синестезии. Синестетические способности передаются по наследству и чаще встречаются у женщин и творческих личностей. В среднем ими обладает один человек из 200. Наиболее распространенная форма синестезии — цветовые ощущения, вызываемые звуками и изображениями цифр. Очень редкая форма синестезии — ассоциация букв с мужским или женским полом.

#### • Если у синестета каждая буква или цифра вызывает определенные цветовые ощущения, как он будет реагировать на предъявление пары букв или цифр (например, «ea» или 25)?

У него возникнут те цветовые ощущения, которые эти буквы или цифры вызывают по отдельности. Но если буквы (цифры) будут расположены слишком близко, их эффекты могут «нейтрализовать» друг друга (т.е. цветовые ощущения не возникнут) или, наоборот, усилятся (в том случае, если оба символа порождают один и тот же цвет).

#### • Одинаковые ли эффекты вызывают прописные и строчные буквы?

Да. Однако в ряде случаев синестеты сообщали, что строчные буквы имеют менее насыщенный цвет или кажутся им блеклыми и даже пятнистыми.

#### • Как синестеты воспринимают изображение целого слова?

Нередко все слово окрашено в цвет той буквы, с которой оно начинается.

#### • Как воспринимают буквы синестеты, владеющие несколькими языками?

В одном языке графемы могут вызывать у них цветовые ощущения, а в другом оставаться бесцветными. Причина кроется в том, что разные языки представлены у полиглотов в разных структурах мозга.

#### • Что происходит, когда синестет представляет себе букву (цифру) мысленно?

Воображаемые символы могут вызывать даже более сильные цветовые ощущения, чем реальные. Возможно, это «упражнение» активизирует те же самые области мозга, что и восприятие реальных цветов; но, поскольку в этом случае из сетчатки в мозг не поступают конкурирующие сигналы, воображаемый символ порождает более интенсивный синестетический цвет, чем реальный символ.

#### • Может ли синестезия улучшать память?

Может. Известный российский психолог Александр Лурия описал человека с уникальными способностями к запоминанию материала, обусловленными взаимосвязанностью всех пяти анализаторов (органов чувств). Память улучшает даже взаимосвязанность только двух из них.

го формирования перцептивных образов более высокого уровня. Так, например, воспоминание о кошке или звучание слова «кошка» порождают образ зверька с мягким мехом (осязание), который умеет мяукать и урчать (слух), обладает характерной внешностью (зрение) и издает порой специфический запах (обоняние), — и все эти ассоциации возникают у нас одновременно.

У человека относительные размеры угловой извилины гораздо больше, чем у других приматов. Не могло ли случиться так, что эта структура мозга, исходное предназначение которой заключалось в образовании кросс-модальных ассоциаций, впоследствии стала выполнять более абстрактные функции (например, изобретать метафоры)? Посмотрим на две фигуры, которые впервые использовал в своих экспериментах психолог Вольфганг Келер. Одна из них напоминает чернильную кляксу, а другая — остроконечный осколок стекла. Если спросить: «Какая из этих фигур — буба, а какая — кики?», 98 % опрошенных ответят, что клякса — буба, а осколок — кики. Возможно, это связано с тем, что мягкие очертания амёбовидной фигуры метафорически имитируют плавные модуляции голоса и плавные изменения формы губ при произнесении слова «бу-ба». Напротив, волнообразная структура звука «ки-ки» и сильное изгибание прижимаемого к небу языка при его произнесении каким-то образом имитируют ломаные контуры остроконечной фигуры. Две формы «кики» (звуковую и зрительную) объединяет лишь одно общее качество — абстрактное свойство остроконечности, вычленяемое одним из участков головного мозга, расположенного рядом с зоной ТРО, находящейся в угловой извилине.

Таким образом, угловая извилина осуществляет самую элементарную форму абстракции — вычленение общих признаков в совокупности резко различающихся сущностей. Мы не знаем, как именно она выполняет данную функцию, но коль скоро структура начала принимать участие в кросс-модальной абстракции, это означает, что была подготовлена почва и для более сложных видов абстрактного мышления. Кросс-модальная абстракция могла стать основой не только для развития метафорического и абстрактного мышления, но и языка в целом.

Приступив к изучению синестезии, мы не имели ни малейшего представления о том, куда нас могут завести наши исследования. Не думали мы и о том, что таинственное явление, долгое время считавшееся всего лишь любопытной особенностью восприятия, может пролить свет на природу человеческого мышления. ■

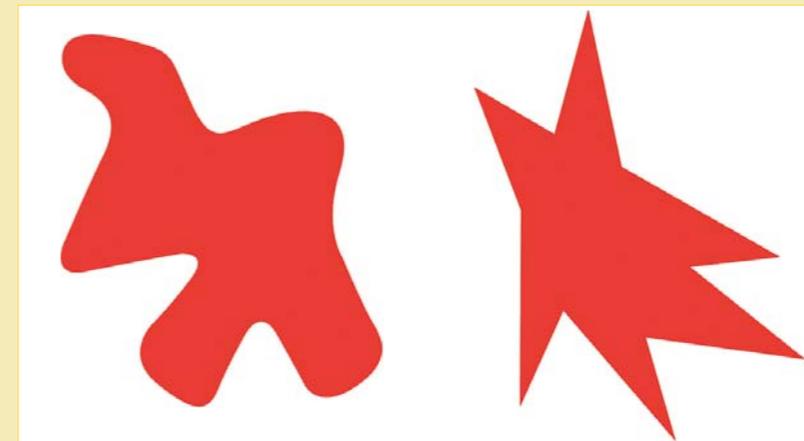
(В мире науки, № 8, 2003)

### ЗАГАДКИ ЯЗЫКА И РЕЧИ

#### Изучение синестезии может пролить свет на эволюцию мышления и языка.

Если спросить, какая из двух изображенных внизу фигур называется «буба», а какая — «кики», 98% респондентов отвечают, что «клякса» — буба, а «осколок стекла» — кики. Авторы полагают, что развитие метафорического мышления стало возможным благодаря способности головного мозга к выделению общих абстрактных признаков предметов и явлений (таких, например, как «остроконечность» формы и «резкость» звуков).

ПРЕДСТАВЬТЕ СЕБЕ некую группу наших прародителей-гоминид, собравшуюся изобрести собственный язык. Понятно, что дело начиналось не с наставлений предводителя: «А эту штуку, ребята, назовем бананом. Повторяйте за мной: ба-нан». Однако гоминиды располагали целым рядом способностей, предопределивших возможность систематического вербального общения. Результаты исследований нейробиологических механизмов синестезии позволяют предположить, что в основе последующего возникновения речи и языка лежала способность людей к образованию метафор — средства отражения глубинных связей между внешне не сходными и не связанными между собой сущностями. Люди обладают врожденной склонностью ассоциировать те или иные звуки с определенной формой предметов, что и сыграло ключевую роль в первоначальном формировании словаря совместного пользования. Кроме того, определенные области мозга, перерабатывающие зрительную информацию, связанную с формой предметов, буквами, цифрами и звуками, способны к взаимной активизации даже у не-синестетов. Это и заставляет их, например, ассоциировать остроконечные геометрические фигуры с режущими слух названиями. Наше предположение подтверждается также существованием еще двух типов нервных связей. Во-первых, сенсорные области в задней части мозга, ответственные за анализ зрительных форм и слуховое восприятие, могут кросс-активировать специфические моторные области в передней части мозга, участвующие в речевой деятельности. Резкие изгибы в очертаниях предметов или режущие слух звуки побуждают



область моторной речи генерировать сигналы, которые заставляют спинку нашего языка не менее резко выгибаться и прижиматься к небу. (А при произнесении слов «миниатюрный», «малюсенький» или французского *un peu* («чуть-чуть») губы своими движениями словно стремятся имитировать небольшие размеры предметов.) Головной мозг, похоже, располагает врожденными правилами трансформации воспринимаемых нами зрительных и слуховых раздражителей в соответствующие движения органов речи. Во-вторых, существует взаимодействие и между двумя соседними областями коры, одна из которых контролирует последовательность мышечных сокращений, связанных с жестикуляцией, а вторая — с артикуляцией. Этот феномен получил название синкинезии (содружественности движений). Как подметил еще Чарлз Дарвин, когда мы режем ножницами бумагу, наши челюсти могут смыкаться и размыкаться, словно повторяя движения руки. Теория, согласно которой жестикуляция составляет одну из стадий развития звуковой речи, многим лингвистам не нравится. Фено-

мен синкинезии указывает на то, что они могут и заблуждаться. Допустим, наши предки-гоминиды общались друг с другом с помощью элементарного похрюкивания, ворчания, воя и криков, за которые, как известно, отвечает правое полушарие и одна из областей в лобных долях, связанная с эмоциями. Позднее они выработали некую рудиментарную систему жестов, которая постепенно становилась более сложной и тонкой. Нетрудно представить себе, как движение руки, с помощью которого один наш предок подтаскивал к себе другого, превратилось в жест «пойди сюда». Если синкинетиические механизмы трансформировали подобные жесты в движения рта и лицевых мышц и если благодаря этим движениям обретали членораздельность вырвавшиеся изо рта гоминид эмоциональные гортанные звуки, в конце концов могли зазвучать и первые человеческие слова. Понятно, что предлагаемые схемы позволяют объяснить далеко не все аспекты современного человеческого языка, но, на наш взгляд, описанные факторы и сыграли решающую роль в инициации событий, завершившихся его формированием.



# ФЕНОМЕНАЛЬНЫЙ МОЗГ

Дерольд Трефферт и Дэниел Кристинсен

Американец Ким Пик обладает поистине уникальной памятью.  
История науки до сих пор не знала ничего подобного

**В**первые синдром одаренности, или феноменальные счетные способности (*savant syndrome*), был описан в 1887 г. Джоном Лэнгдоном Дауном (J. Langdon Down). Исследователь отмечал связь синдрома с поразительной силой памяти и в качестве примера приводил случай, когда человек мог дословно процитировать любой отрывок из «Истории упадка и разрушения Римской империи» Эдуарда Гиббона (*Edward Gibbon, The Decline and Fall of the Roman Empire*). (О возможностях человеческой памяти см.: *Алхимия памяти//ВМН*, № 8, 2004.) Практически во всех случаях, описанных с тех пор, поразительная способность запоминать информацию распространялась на определенные области, будь то музыка, живопись или математика. Однако память 54-летнего Кима Пика (Kim Peek) поистине феноменальна. Друзья в шутку называют его «Ким-пьютер».

Он и в самом деле может извлечь нужный факт из недр своей бездонной памяти столь же быстро, как поисковая система в Интернете. Так, всего за 1 час 25 минут он прочел книгу Тома Клэнси «Охота за Красным октябрём» (*Tom Clancy, The Hunt for Red October*) и спустя четыре месяца сумел не только назвать имя одного из героев романа, русского радиста, но и вспомнил страницу, на которой был описан данный персонаж, и даже дословно процитировал несколько абзацев. Уже в полтора года Ким слово в слово запоминал книги, которые ему читали. Сегодня он знает наизусть 9 тыс. произведений. Он проглатывает страницу за 10 секунд, а прочитанную книгу ставит обратно на полку вверх ногами, обозначая тем самым, что отныне и навсегда она «записана на жестком диске» его мозга.

Память Кима содержит все сведения, касающиеся 15 интересующих его тем, среди которых мировая и американская история, спорт, кино, география, освоение космоса, Библия, история церкви, литература и классическая музыка. Он знает все междугородные телефонные коды и почтовые индексы США, названия всех местных телевизионных станций страны. В его голове заключены карты всех городов Америки, и он

может, подобно сайту *Yahoo*, дать рекомендацию, как проехать по любому из них. Ему знакомы сотни классических музыкальных произведений, он может рассказать, где и когда каждое из них было написано и впервые исполнено, назвать имя композитора, привести различные подробности из его жизни и даже рассуждать об особенностях музыкальной формы и тональности произведений. А в последние два года у него проявились новые способности: если раньше он лишь говорил о музыке, то теперь учится ее исполнять.

Между тем Ким страдает множеством серьезных расстройств, что, увы, характерно для всех людей с синдромом одаренности. У него странная походка, он не может застегивать свою одежду, не в состоянии выполнять обычные бытовые обязанности и с трудом мыслит абстрактными категориями. Однако на фоне такой беспомощности его экстраординарные таланты выделяются еще ярче. Если бы ученым удалось понять феномен Кима, они, возможно, сумели бы разобраться и в том, почему синдрому одаренности непременно сопутствуют определенные навыки, включая загадочную способность вычислять календарь на любой год (что всегда сочетается с обширной памятью). Недавно один корреспондент в разговоре с Кимом упомянул, что родился 31 марта 1956 г., и менее чем через секунду получил уточнение, что то была суббота на пасхальной неделе.

Картирование мозга Кима дало возможность выявить значительные структурные аномалии, которые, однако, пока не удается связать непосредственно ни с одним из его талантов. Возможно, ученые смогут узнать что-либо с помощью новых методик картирования, позволяющих увидеть не только структуру мозга, но и его работу. Тем временем, необходимо хотя бы описать поразительные способности Кима и особенности строения его мозга, поскольку таких людей очень мало, и подробная характеристика феномена может оказать неоценимую услугу последующим поколениям исследователей. Изучение синдрома одаренности приоткрывает окно в удивительный мир человеческого разума.

**Удивительный мозг**

Ким родился 11 ноября 1951 г. (в воскресенье, как он всегда подчеркивает) с непропорционально большой головой и черепно-мозговой грыжей размером с бейсбольный мяч на затылке, которая позже исчезла. Обнаружились и другие нарушения структуры мозга, в том числе деформация мозжечка. Мы впервые провели сканирование мозга Кима с помощью ЯМР-томографа в 1988 г. и с тех пор не прекращаем исследований.

Проблемы Кима с координацией движений, возможно, объясняются патологией мозжечка. Однако самым удивительным оказалось отсутствие мозолистого тела (мощного пучка нервных волокон), которое в норме соединяет левую и правую половинки мозга. Мы не знаем, как это влияет на его способности. Подобный дефект встречается весьма редко и отнюдь не всегда сопровождается функциональными нарушениями. Известны случаи, когда отсутствие данного образования выявлялось у людей, не страдающих никакими заметными расстройствами. Однако у больных, мозолистое тело которых было перерезано в зрелом возрасте (обычно с целью предотвращения распространения эпилептического припадка с одного полушария на другое), возникает характерный синдром «расщепленного мозга», при котором каждое полушарие начинает работать независимо от другого.

Можно предположить, что у людей, родившихся без мозолистого тела, каким-то образом развиваются другие, резервные каналы связи между полушариями. Возможно, это позволяет им работать как одному гигантскому полушарию, совмещая под одной «крышей» функции, которые в норме разделены. Если такое предположение верно, то некоторыми из своих талантов Ким обязан именно такой аномалии. Ученые часто шутят,

**ОБЗОР: ФЕНОМЕНАЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ КИМА ПИКА**

- Все известные проявления синдрома одаренности сопровождаются мощной памятью, у Кима Пика она феноменальна сама по себе.
- В мозге Кима обнаружено множество аномалий, в том числе отсутствие мозолистого тела. Роль подобного нарушения еще предстоит понять и выяснить, стимулирует ли повреждение определенных участков мозга компенсаторное развитие других его областей, или же оно просто позволяет проявиться скрытым способностям.
- Простое запоминание у Кима превратилось в форму ассоциативного творческого мышления. Успех фильма «Человек дождя» позволил ему обрести уверенность и существенно расширить границы своего мира.

что у мозолистого тела всего две функции — служить проводником эпилептических припадков и не давать мозгу развалиться на две половинки. Однако тот факт, что одни люди, от рождения лишены мозолистого тела, не страдают никакими нарушениями, а другие приобретают феноменальные способности, свидетельствует о том, что роль данной структуры намного сложнее.

Левая сторона мозга Кима подвержена аномалиям, что характерно для многих людей с синдромом одаренности. Более того, поражением левого полушария ученые объясняют, почему у мужчин чаще, чем у женщин, возникает не только данный синдром, но также и дислексия, заикание, задержка речи и аутизм. Патология предположительно имеет две причины: во-первых, у эмбриона мужского пола более высокий уровень тестостерона, который может оказывать токсическое воздействие на развивающуюся нервную ткань; во-вторых, левое полушарие развивается медленнее, чем правое, а потому дольше остается уязвимым. В пользу того, что наличие уникальных способностей нередко связано с повреждением левого полушария, говорят многочисленные документально подтвержденные случаи приобретенного синдрома одаренности, когда дети старшего возраста и взрослые неожиданно проявляли необычные способности вследствие нарушения данной структуры мозга.

Какие же выводы следуют из вышесказанного? Можно предположить, что, когда левое полушарие не может функционировать должным образом, правое компенсирует дефект, развивая новые способности и привлекая к работе нервную ткань, изначально предназначенную для других целей. Возможно и то, что поражение левого полушария просто позволяет раскрыться дремлющим способностям правого, высвобождая их из-под «тирании» доминантного левого полушария.

Ким прошел психологическое тестирование в 1988 г. Общая оценка его коэффициента умственного развития (*IQ*) составила 87, однако в пределах вербальной и исполнительной частей теста наблюдалась значительная вариабельность: в одних случаях результат указывал на чрезвычайно высокий уровень интеллекта, а в других — на слабоумие. Заключение экспертов гласило: «результат оценки коэффициента умственного развития Кима не дает истинной картины уровня его интеллектуальных способностей». В психологии издавна идут споры о том, обладает ли человек одним общим сознанием или же множественными сознаниями. Мы убеждены, что случай Кима подтверждает правильность второй точки зрения.

Общий диагноз, поставленный Киму, был таков: «неспецифическое расстройство, обусловленное аномалиями развития». Следует отметить, что аутизм в эпикризе не значился. Данное нарушение чаще других связано с синдромом феноменальных способностей, однако оно выражено лишь у половины таких людей. В отличие от аутистических пациентов Ким — открытый человек, весьма располагающий к себе.

**Память и музыка**

Характерно, что для полного развития феноменальных способностей необходима прежде всего активная заинтересованность в чем-либо. Сначала Ким просто запоминал любую информацию, однако со временем он начал формировать свои интересы. Что касается абстрактного, или понятийного мышления, то здесь его способности ограничены, например, он не может объяснить смысла многих простых пословиц. Однако большую часть сведений, хранящихся в его памяти, он прекрасно понимает, что нехарактерно для людей с синдромом одаренности. Чтобы описать способность таких индивидов запоминать огромные объемы текста, не понимая смысла, Даун придумал примечательное выражение «вербальная адгезия» («словесное склеивание»). Однако обладание горой кирпичей еще не делает вас каменщиком. Если продолжить аналогию, Ким не только владеет огромным количеством кирпичей, но еще и стал удивительно творческим и многогранным «словесным каменщиком» по интересующим его вопросам.

Иногда он слишком буквально воспринимает обращенные к нему вопросы и просьбы. Однажды в ресторане отец попросил его понизить голос, и тогда Ким просто сполз на стуле, чтобы его голос звучал снизу. Но порой в своих ответах он проявляет изрядную находчивость. Когда его спросили о «Геттисбергском воззвании» Авраама Линкольна, Ким откликнулся: «Дом Уиллза, Северо-Западная улица, 227. Но он провел там всего одну ночь, а произнес речь на следующий день». Ким не собирался шутить, но когда его собеседник засмеялся, то он понял, в чем дело, и с тех пор намеренно рассказывал эту историю с юмором.

Ким обладает неоспоримой способностью делать логические выводы. Однажды он присутствовал на Шекспировском фестивале, организованном неким филантропом, имя которого скрывалось за инициалами О.С. Несчастный меценат в тот момент подхватил ларингит и был не в состоянии произнести торжественное обращение к участникам мероприятия. Ким (поклонник



Ким прочитывает страницу за 8–10 секунд и запоминает ее наизусть. В его памяти хранится 9 тыс. книг самого разнообразного содержания, от сонетов Шекспира до карт всех крупных городов США.

Шекспира и, подобно ему, неисправимый шутник) метко сострил: «*O.C., can you say?*», обыграв совпадение инициалов простуженного мецената с названием одного популярного молодежного телесериала в США о сексуальных похождениях группы богатых молодых людей, что-то вроде «Секса в большом городе». (Название — аббревиатура от *Orange County* — района Калифорнии южнее Лос-Анджелеса. Фраза «*O.C., can you say?*», видимо, представляет собой цитату из фильма.)

Творческое осмысление информации, хранящейся в закоулках памяти, можно сравнить с музыкальной импровизацией. Подобно музыканту, Ким думает настолько быстро, что порой трудно уследить за его замысловатыми ассоциациями. Часто возникает ощущение, что ход его мысли всегда на два-три шага опережает реакцию собеседников.

Недавно открылось новое и совершенно неожиданное проявление феноменальных способностей Кима. В 2002 г. он стал учиться игре на фортепиано и, чтобы проиллюстрировать свои рассуждения о музыкальных произведениях,

начал исполнять их фрагменты и целые пьесы, хранившиеся в его обширной памяти.

Ким знает все инструменты традиционного симфонического оркестра и легко узнает их по звучанию в любом инструментальном отрывке. Например, он исполнил вступление к симфонической поэме Бедржиха Сметаны «Влтава», переложив партии флейты и кларнета в арпеджированный элемент для левой руки, объяснив, что гобой и фаготы вступают с основной темой, которую он изобразил отдельными звуками, а затем терциями правой рукой (продолжая при этом играть левой рукой в соответствии с партитурой). Его понимание музыкальных стилей выражается в способности узнавать композиторов по произ-

ведениям, которые он никогда раньше не слышал, ориентируясь лишь на музыкальный стиль.

При всей внешней неуклюжести Кима его руки обретают все большую ловкость. Сидя у фортепиано, он может сыграть пьесу, которую хочет обсудить, напеть мелодию или описать музыку словами, незаметно переходя от одного способа объяснения к другому, подчеркивая ритм постукиванием.

Исследователи творчества Моцарта делятся своими наблюдениями: «Познания Кима в музыке весьма значительны. Поразительно, что он помнит каждый штрих даже тех произведений, которые он слышал всего раз, причем более 40 лет назад. Его замечания о взаимосвязи музыкальных произведений, биографических фактов

из жизни композиторов, исторических событий, мелодий из фильмов и тысяч других подробностей раскрывают масштаб его интеллектуальных способностей». Они даже сравнивают его с Моцартом, который также имел большую голову, пристрастие к числам и неоднозначным методам общения. Не исключено, что Ким еще научится и сочинять музыку.

### Жизнь после «Человека дождя»

В 1984 г. Ким случайно встретился с писателем Барри Морроу (Barry Morrow). Способности Кима настолько поразили романиста, что вдохновили его написать сценарий фильма «Человек дождя», главный герой которого, Реймонд Бейбит, сыгранный Дастином Хоффманом, поражен синдромом одаренности. События фильма, однако, полностью вымышлены и ни в коей мере не совпадают с реальной жизнью Кима. Правда, есть одна любопытная деталь — в одной из сцен Реймонд мгновенно вычисляет квадратные корни в уме, и его брат Чарли замечает: «Ему бы надо работать в NASA». Киму было бы вполне по силам подобное сотрудничество.

NASA предложило создать трехмерную анатомическую модель мозга Кима с высоким разрешением. По словам Ричарда Бойля (Richard Boyle), директора Технологического центра BioVIS при NASA, данный проект должен стать составной частью более масштабной программы, цель которой — собрать и обобщить результаты сканирования мозга множества людей. Полученные данные (как анатомические, так и функциональные) позволят исследователям выявить и идентифицировать те процессы в мозге, которые сопровождают мышление и определяют поведение. Специалисты NASA надеются, что такая детализированная модель даст врачам возможность уточнить интерпретацию данных ультразвукового сканирования (УЗИ). Его возможности ограничены, но это единственно доступный метод для наблюдения за астронавтами, поскольку в космос можно поднять лишь такое оборудование.

Съемки и успех «Человека дождя» стали переломным моментом в судьбе Кима. Раньше он вел жизнь затворника, спешил скрыться в своей комнате, когда в дом приходили люди. Однако общение со съемочной группой и известность, которую принес успех фильма, придали ему уверенности в себе и вдохновили Кима рассказать людям о своих талантах. За последние годы он поведал свою историю более чем 2,6 млн. человек и подарил надежду многим инвалидам.

Исследования поразительных способностей таких людей, как Ким, чрезвычайно важны для

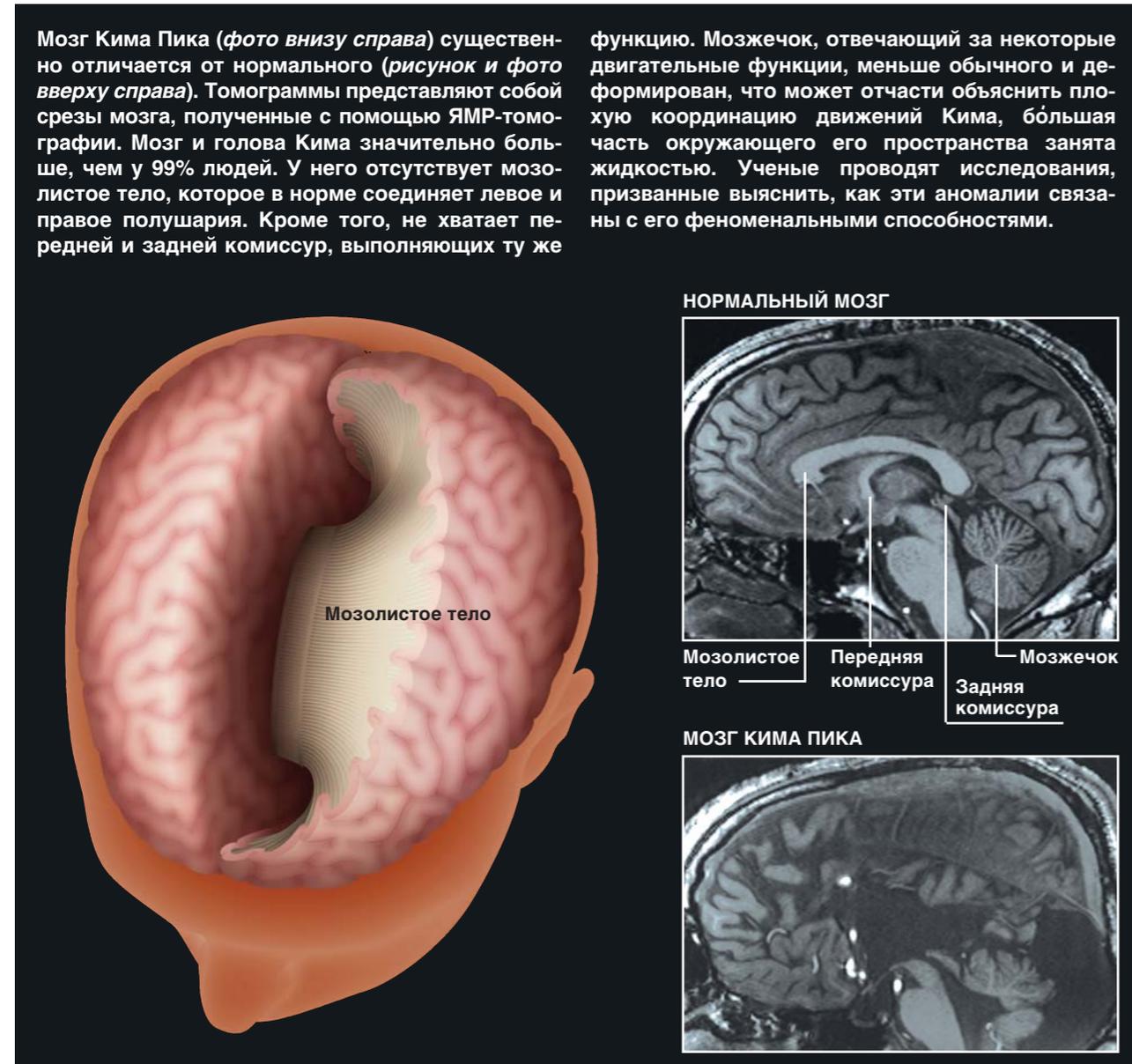


Недавно Ким начал играть на фортепиано. Несмотря на плохую координацию движений, он делает большие успехи.

науки и медицины. Изучение патологии поможет понять механизм обычной человеческой памяти и, несомненно, будет сопровождаться как научными открытиями, так и новыми свидетельствами удивительных способностей человеческого мозга. Однако сегодня мы мало знаем о таких, как Ким, а потому можем дать лишь некоторые практические рекомендации, как ухаживать за подобными больными.

Членам семьи и опекунам следует внимательно относиться к феноменальным способностям своих подопечных, не отмахиваться от них, тренировать талант, поскольку с его помощью нездоровый человек может наладить контакт с окружающим миром и компенсировать последствия своей инвалидности. Такой путь нелегок, поскольку беспомощность людей с какими бы то ни было нарушениями и вынужденные ограничения требуют от родных самопожертвования, терпения и тяжелой работы. ■

(В мире науки, № 3, 2006)



функцию. Мозжечок, отвечающий за некоторые двигательные функции, меньше обычного и деформирован, что может отчасти объяснить плохую координацию движений Кима, большая часть окружающего его пространства занята жидкостью. Ученые проводят исследования, призванные выявить, как эти аномалии связаны с его феноменальными способностями.



## НА КРЫЛЬЯХ СНА

Яков Левин

Сон и сновидения – эти темы на протяжении веков будили фантазию прозаиков, поэтов, художников и увлекали философов, психологов, биологов, нейрофизиологов, психиатров, невропатологов и сомнологов

### Объятия Морфея

Сон можно сравнить с осенней паутиной. Как неосторожное дуновение ветерка или капли дождя разрывают тончайшее хитросплетение нитей, так и вспышка света, назойливый шорох, резкий звук, неудобное ложе или сквозняк, словом, любые внешние раздражители спугивают это хрупкое состояние, структуру которого и так нарушают болезни, волнение, тревога, переживания, т.е. все те удары судьбы, которым подвергает нас жизнь.

Во всех определениях подчеркивается, что сон — генетически обусловленное состояние, т.е. врожденная необходимость и способность, которой наделены все теплокровные, в том числе и человек. Иногда нам кажется, что не стоит тратить треть жизни зря. Отождествление сна с бездельем, потерей времени — одно из глубочайших заблуждений. Во сне человек расслаблен лишь внешне, на самом деле отдыхают только мышцы, а мозг находится в достаточно активном состоянии, хотя эта активность иного рода, нежели в бодрствовании. Чтобы сон отвечал своим функциям, мозг должен работать как хороший слаженный оркестр.

В современной науке появились методы, позволяющие объективно изучать сон. На пациента накладывают электроды и производят одновременную запись большого количества параметров. Определяющими для оценки структуры сна являются мозговые волны (ЭЭГ), движения глаз и мышечный тонус. Кроме того, в зависимости от цели исследования регистрируют характер и частоту дыхания, сердечную деятельность и другие показатели. Ведется и визуальное наблюдение при помощи видеокамеры. Все результаты фиксируются и обрабатываются на компьютере, и на основе анализа перечисленных данных строится гипнограмма.

Как только человек ложится и закрывает глаза, колебания мозговых волн становятся регулярны-

ми, с периодичностью примерно 10 раз в секунду. Это и есть альфа-ритм, свидетельствующий о расслабленном бодрствовании.

В состоянии сна различают две фазы — фазу медленного сна (ФМС), включающего в себя четыре стадии, и фазу быстрого (парадоксального) сна (ФБС).

На 1-й стадии ФМС частоты основного ритма (характерного для расслабленного бодрствования данного человека) замедляются, возникают бета- и тета-волны; снижаются частота сердечных сокращений и частота дыханий, мышечный тонус ослабевает.

2-я стадия названа стадией «сонных веретен» — по основному ЭЭГ-феномену, колебаниям синусоидальной формы и двух- или многофазным волнам высокой амплитуды (в 2–3 раза превосходящим амплитуду фоновой ЭЭГ).

3-я и 4-я стадии, или дельта-сон, характеризуются дельта-активностью мозга, ритмичным, медленным дыханием, снижением мышечного тонуса.

Во время 3-й и 4-й стадий сна мы запасаем энергию, т.е. максимально синтезируются так называемые фосфатэргические связи и вырабатывается гормон роста. Если поздно вечером заняться аэробикой, покрутить педали велотренажера, пробежать кросс, то эта часть сна продлится дольше, чем обычно, т.к. потраченная энергия потребует восстановления.

Утверждение, что дети растут во сне, абсолютно верно. Справедливости ради надо сказать, что и взрослые растут, но не в высоту, а в ширину, что не каждого радует.

Фаза быстрого (парадоксального) сна или сна со сновидениями характеризуется быстрыми движениями глаз, очень низкой амплитудой ЭМГ, «пилообразным» тета-ритмом, сочетающимся с нерегулярной ЭЭГ. При этом отмечают «вегетативную бурю» с дыхательной и сердечной

аритмией, колебаниями артериального давления, усилением двигательной активности.

Парадоксальный сон был открыт полвека назад американскими сомнологами с российскими корнями Натаниэлем Клейтманом (Nathaniel Kleitman) и Юджином Азерински (Eugene Aserinsky). Клейтман, организовавший первую «сонную» школу и лабораторию в Чикаго, как-то прочел в советской печати, что у детей во время сна наблюдаются особые движения глазных яблок. Он решил проверить информацию и зафиксировать эти движения. Эксперимент прошел удачно и показал, что сон представляет собой неоднородное состояние. Можно сказать, что он напоминает катание на американских горках, когда человек то взмывает ввысь, то стремительно падает вниз, то притормаживает на крутых виражах и, наконец, останавливается.

Многие психические процессы, происходящие в бодрствовании, реорганизуются во сне. Если на ночь посмотреть страшный или эротический фильм, то сон со сновидениями продлится значительно дольше, так как полученную информацию и пережитые эмоции необходимо осмыслить, организовать, заложить в будущую программу поведения.

В классической литературе нередко описываются случаи, когда больные люди или раненые солдаты умирают с первым лучом солнца. Веро-

ятно, в этих случаях наступление рассвета приходится на стадию сна со сновидениями. Почему фаза быстрого сна так опасна (рис. внизу)?

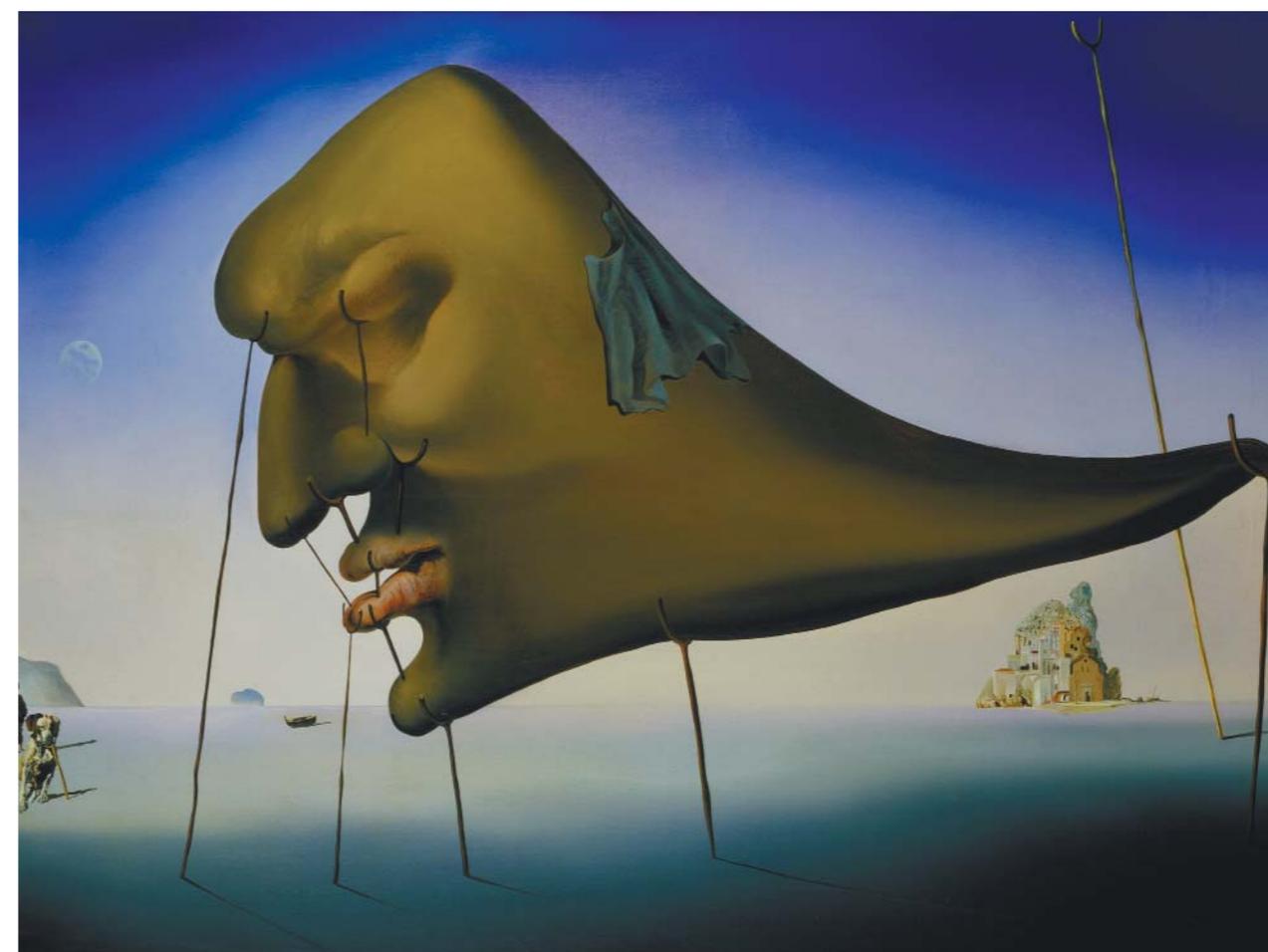
Если на первых стадиях вегетативные показатели (артериальное давление), количество сердечных сокращений, частота дыхания, мозговая температура и мозговой кровоток снижаются, то в быстром сне наблюдается «вегетативная буря». Скачки давления, колебания частоты сердечных сокращений, повышение активности мозга — все это свидетельствует о том, что мозг активно работает. Именно в этот период для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, нарушениями мозгового кровоснабжения, вероятностность развития инсультов и инфарктов миокарда очень высока.

Итак, сон здорового человека состоит из 4–6 циклов (приблизительно по полтора часа каждый), но они разные: в первых двух максимально представлена ФМС, а в утренних — ФБС. В первой половине ночи мы запасаем энергию, а вторую половину ночи посвящаем размышлению.

Характеристики сна с возрастом меняются. У младенцев существует всего два вида сна — активный и спокойный. Первый позже трансформируется в парадоксальный сон и, частично, в 1-ю фазу. Второй — в глубокий дельта-сон и 2-ю фазу. Дети спят 3/4 или 4/5 времени суток, что абсолютно необходимо для их правильного развития. Годом к 9 структура сна становится приблизительно такой же, как у людей среднего возраста. Лет с 40 сон начинает незаметно изменяться, а после 60 потребность в нем уменьшается. Он становится более поверхностным, процесс засыпания удлиняется.

### Не спать!

Некоторые фантасты и футурологи утверждают, что человечество могло бы выиграть 20–30% времени, если бы победило сон. В начале 60-х гг. XX в. в Книге рекордов Гиннеса зафиксировано максимальное время, проведенное без сна, — 11 суток (без применения возбуждающих препаратов). Позже были проведены специальные исследования, где депривация сна составляла более 10 суток. Эксперименты показали, что после пяти суток человек терял способность к логической и целенаправленной деятельности, появлялись галлюцинации, что свидетельствовало о расстройстве психики. Кроме того, после пятисуточного отказа от сна человек выглядел бодрствующим, но аппаратура фиксировала засыпание с открытыми глазами. И к концу 11-х суток (264 часа) испытуемый, как говорится, терял человеческий облик.



Но самое интересное заключается в том, что после 12–18-часового сна он полностью восстанавливался. Можно утверждать, что из всех наших биологических мотиваций (пить, есть, спать, размножаться и общаться с себе подобными) сон оказался самой суровой необходимостью. Сухую голодовку держат до 10 дней, без еды обходятся месяц, без секса, в принципе, неограниченное время, можно вовсе отказаться и от общения, а не спать мы можем только 5 суток, т.е. 120 часов. Таким образом, сон — совершенно необходимая часть человеческого бытия, активно организуемая мозгом. В норме он выполняет важную антистрессовую функцию. Не зря люди говорят, что иногда нужно «переспать с проблемами» или что «утро вечера мудренее».

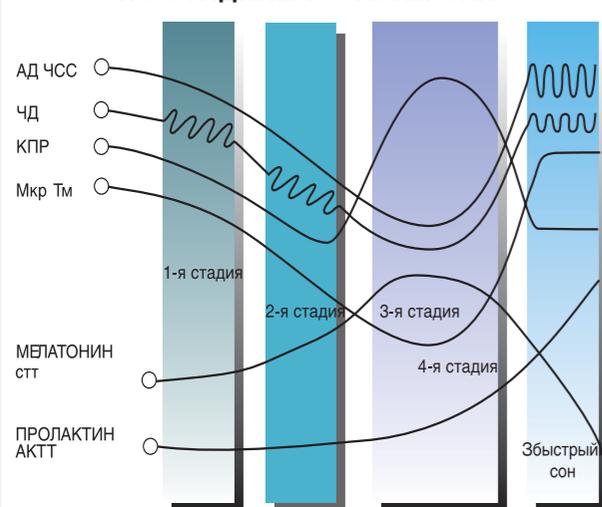
Нарушение сна всегда сигнализирует об эмоциональном, физиологическом или социальном неблагополучии, и поэтому следует обратиться к психологу, неврологу, психиатру или сомнологу. Лучше вовремя исправить ситуацию, чем бороться с серьезными последствиями. И не стоит поддаваться массовому психозу и обращаться

к разного рода колдунам и целителям, которые якобы могут в одночасье решить все проблемы, в том числе и со сном. Во многом такое поведение обусловлено недоверием к медицине, которая, к сожалению, не всемогуща, ожиданием чудесного исцеления, глубоким духовным кризисом, постигшим людей ощущением незащищенности, извечной потребностью человека верить во что-то сверхъестественное и, наконец, бескультурьем.

### Ты приходи ко мне, моя бессонница

Бытует мнение, что не следует принимать снотворные препараты. Мол, от бессонницы никто не умирал, а от злоупотребления лекарствами — многие. Утверждение вдвойне не верно. Во-первых, термин «бессонница» не точен, т.к. не существует людей, которые вообще никогда не спят. Другое дело, что многие не осознают свое состояние, поэтому в современной классификации появилось понятие «искаженное восприятие сна». Люди среднего возраста в три раза реже высказывают неудовлетворенность сном, чем пациенты старше 60. Нередко они не больны, а просто

### ДИНАМИКА ВЕГЕТАТИВНЫХ И ГОРМОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО СТАДИЯМ И ФАЗАМ СНА



АД — артериальное давление; ЧД — частота дыханий; КГР — кожно-гальванический рефлекс; МКр — мозговой кровоток; Т<sup>м</sup> — температура мозга; СТГ — соматотропный гормон (гормон роста); АКТГ — адренокортикотропный гормон.



плохо осознают старение своего сна. Никому не придет в голову пожаловаться на то, что в свои 80 лет он не может бегать, как в 20. А возжелать сон, как в юности, может каждый. Во-вторых, страх перед снотворными препаратами возник в результате трагических событий начала 50-х гг. прошлого века. В результате массового применения талидамида появились на свет десятки тысяч детей с уродствами. Трагедия не только послужила серьезным уроком, но и вызвала необоснованный страх перед всеми снотворными средствами. Согласно современной точке зрения,

лучше принять лекарство, чем не спать. Если нарушение сна существует больше трех недель, необходимо обратиться к врачу. Плохой сон может привести не только к «плохому» дневному бодрствованию, но и спровоцировать определенные заболевания. Таким образом, в понятие «качество жизни» входит и хороший здоровый сон.

### Музыка мозга

Современная сомнология активно развивается и уже сейчас может предложить очень интересный нелекарственный метод лечения нарушений

сна, названный «музыка мозга», который позволяет преобразовать биоэлектрическую активность мозга в музыку. Чтобы доказать эффективность воздействия такой музыки, были проведены специальные двойные слепые плацебо-контролируемые исследования, т.е. одной группе пациентов давали прослушивать музыку, полученную путем преобразования их собственной ЭЭГ, а другой — музыку, полученную из ЭЭГ другого человека (так называемое плацебо, т.е. пустышка), при этом врач тоже не знал, кому какая музыка назначалась (аналогичные исследования с использованием нашей методики «музыка мозга» были проведены в Канаде и во Франции). Они показали, что собственная «музыка мозга» пациента очень эффективна и безопасна для лечения нарушений сна. Улучшались не только субъективные показатели сна у 85% больных, но и его структура, оцененная с помощью полисомнографии.

### Полеты во сне и наяву

Что приводит к нарушениям сна? Причин множество: стрессы, депрессии, муки совести, любовные переживания, перевозбуждение, хроническая усталость, болезни. Кроме того, к расстройствам сна (нарушению циркадного ритма) приводят неправильный образ жизни и смена часовых поясов. Проблемы возникают тогда, когда мы удаляемся от дома более чем на три временных пояса (т.е. на три часа). Перелет из Москвы в Лондон или Париж скорее всего не доставит никаких неудобств, но если отправиться в Америку или во Владивосток, то возникнет хронобиологический сбой почти на три недели. Чтобы восстановить нормальный ритм сна и бодрствования, применяется фототерапия (воздействие ярким белым светом). Методика позволяет не только избавиться от транстемпоральных проблем, но и помогает лечить сезонную депрессию, что очень актуально. Другой подход — применение мелатонина, гормона, вырабатывающегося в эпифизе, синтез которого начинается при снижении освещенности, то есть когда мы закрываем глаза или наступает темнота. В Америке препарат мелатонин продается как пищевая добавка во всех магазинах, а у нас он считается лекарством. Однако на деле мелатонин при приеме внутрь оказался не столь мощным регулятором сна, как ожидалось.

Проблема транстемпоральных перелетов для ряда людей, в первую очередь летчиков и космонавтов, становится профессиональной. Несмотря на специальное расписание полетов, происходит сбой биологических часов. Впрочем, трудности возникают и у любителей бодрствовать по ночам.

### Голубиное счастье

Традиционно люди делятся на «жаворонков» и «сов». Одним свойственно утреннее бодрствование, активная жизнь других начинается во второй половине дня. Яркие выраженные «жаворонки» и «совы» испытывают ряд неудобств от своего образа жизни и встречаются нечасто. При желании расписание сна и бодрствования можно подкорректировать с помощью фототерапии или того же мелатонина, но чтобы сделать из «совы» «жаворонка» или наоборот, потребуются годы. Причем совершенно не ясно, насколько это необходимо и какая нагрузка ляжет на организм.

К счастью, большинство людей — «голуби». В разные периоды жизни они подстраиваются то под «сов», то под «жаворонков». Правда, история знает и очень остроумные выходы из положения. Сталин (типичная «сова») дабы не менять своих привычек, просто подстроил ритм жизни целого государства под себя. Но, к счастью, тех, кто наделен неограниченной властью, единицы, так что мы можем безмятежно летать в своих снах тогда, когда нам захочется.

Настоящий сон, в том виде, в котором он существует у человека, свойственен только теплокровным — млекопитающим и птицам. Самое удивительное, что у птиц значительную часть отдыха занимает тот сон, который свойственен человеку, и называется парадоксальным или сном со сновидениями. А у дельфинов, несмотря на то что мы готовы считать их очень умными и интеллектуальными существами, эта фаза отсутствует, или ученые ее до сих пор не зафиксировали. У собак и кошек, например, присутствуют все фазы сна, но иная схема жизни порождает и иной сон. Люди, давно перебравшиеся из пещер в уютные спальни с удобными кроватями и накрахмаленными душистыми простынями, позабыли об опасностях, подстерегавших их на каждом шагу, об изнурительных поисках пищи, о ливнях и снегопадах, от которых негде было укрыться, и оставили в прошлом чуткий тревожный сон. Развитие цивилизации, изменяя материальные, культурные и духовные ценности, влияет на структуру и характер нашего сна и как физиологического процесса, и как сновидения.

В принципе, сон создан природой для того, чтобы мы могли, отключившись от внешнего мира, накопить энергию, реорганизовать мысли, посмотреть на себя изнутри. Зигмунд Фрейд называл сновидения «королевской дорогой к бессознательному». Наши сновидения подобны окошку, через которое мы можем подглядывать за собой. ■

(В мире науки, № 3, 2003)

# МУЗЫКА И МОЗГ

Норман Уэйнбергер

В чем секрет завораживающей власти музыки?

**М**узыка окружает нас повсюду. При звуках мощного оркестрового крещендо на глаза наворачиваются слезы и по спине бегут мурашки. Музыкальное сопровождение усиливает художественную выразительность фильмов и спектаклей. Рок-музыканты заставляют нас вскакивать на ноги и танцевать, а родители убаюкивают малышей тихими колыбельными песнями.

Любовь к музыке имеет глубокие корни: люди сочиняют и слушают ее с тех пор, как зародилась культура. Более 30 тыс. лет назад наши предки уже играли на каменных флейтах и костяных арфах. Похоже, это увлечение имеет врожденную природу. Младенцы поворачиваются к источнику приятных звуков (консонансов) и отворачиваются от неприятных (диссонансов). А когда мы испытываем благоговейный трепет при финальных звуках симфонии, в головном мозге активизируются те же центры удовольствия, что и во время вкусной трапезы, занятий сексом или приема наркотиков.

Почему же музыка столь значима для человека и имеет над ним такую власть? Окончательных ответов у нейробиологов пока нет. Однако в последние годы начали появляться некоторые данные о том, где и каким образом происходит переработка музыкальной информации. Изучение пациентов с черепно-мозговыми травмами и исследование здоровых людей современными методами нейровизуализации привели специалистов к неожиданному выводу: в головном мозге человека нет особого центра музыки. В ее переработке участвуют многочисленные области, рассредоточенные по всему мозгу, в том числе и те, что обычно задействованы в других формах познавательной деятельности. Размеры активных зон варьируют в зависимости от индивидуального опыта и музыкальной подготовки человека. Наше ухо располагает наименьшим количеством сенсорных клеток по сравнению с другими органами чувств: во внутреннем ухе находится всего 3,5 тыс. волосковых клеток, а в глазу — 100 млн. фоторецепторов. Но наши психические реакции на музыку отличаются невероятной пластичностью, т.к. даже кратковременное обучение способно изменить характер переработки мозгом «музыкальных входов».

## Музыка в голове

До того как были разработаны современные методы нейровизуализации, исследователи изучали музыкальные способности головного мозга, наблюдая за пациентами (включая знаменитых композиторов) с различными нарушениями его деятельности вследствие травмы или инсульта. Так, в 1933 г. у французского композитора Мориса Равеля появились симптомы локальной мозговой дегенерации — заболевания, сопровождающегося атрофией отдельных участков мозговой ткани. Мыслительные способности композитора не пострадали: он помнил свои старые произведения и хорошо играл гаммы. Но сочинять музыку не мог. Говоря о своей предполагаемой опере «Жанна д'Арк», Равель признавался: «Опера у меня в голове, я слышу ее, но никогда не напишу. Все кончено. Сочинять музыку я больше не в состоянии». Он умер спустя четыре года после неудачной нейрохирургической операции. История его болезни позволила предположить, что головной мозг лишен специализированного центра музыки.

Гипотезу подтвердило течение заболевания другого известного музыканта. После перенесенного в 1953 г. инсульта русский композитор Виссарион Шебалин оказался парализован и перестал понимать речь, но до самой смерти, последовавшей через 10 лет, сохранил способность к сочинительству. Таким образом, предположение о независимой переработке музыкальной и речевой информации оказалось верным. Впрочем, более поздние исследования внесли коррективы, связанные с двумя общими особенностями музыки и языка: обе психические функции являются средством общения и обладают синтаксисом, т.е. набором правил, определяющих надлежащее соединение элементов (нот или слов). Исследования, проведенные методами нейровизуализации, указывают на то, что правильную конструкцию языкового и музыкального синтаксисов обеспечивает участок фронтальной (лобной) коры, а другие отделы мозга отвечают за переработку связанных с ним компонентов языка и музыки.

Также мы получили полное представление о том, как головной мозг реагирует на музыку.

Слуховая система, как и все прочие сенсорные системы организма, имеет иерархическую организацию. Она состоит из цепочки центров, которые перерабатывают нервные сигналы, направляющиеся из уха в высший отдел слухового анализатора — слуховую кору. Переработка звуков (например, музыкальных тонов) начинается во внутреннем ухе (улитке), сортирующем сложные звуки (издаваемые, например, скрипкой) на составляющие элементарные частоты. Затем по волокнам слухового нерва, настроенным на разную частоту, улитка посылает информацию в виде последовательности нейронных разрядов (импульсов) в головной мозг. В итоге они достигают слуховой коры в височных долях мозга, где каждая клетка реагирует на звуки определенной частоты. Кривые частотной настройки соседних клеток перекрываются, т.е. разрывы между ними отсутствуют, и на поверхности слуховой коры формируется частотная карта звуков.

Реакции головного мозга на музыку гораздо сложнее. Музыка состоит из последовательности нот, и ее восприятие зависит от способности мозга улавливать взаимосвязь между звуками. Многие его области участвуют в переработке различных компонентов музыки. Возьмем, например, тон, включающий в себя как частотные составляющие, так и громкость звука. Одно время исследователи считали, что клетки, настроенные на определенную частоту, «услышав» ее, всегда реагируют одинаково.

Но в конце 1980-х гг. Томас Маккена (Thomas M. McKenna) и автор настоящей статьи подвергли это представление сомнению. В те годы мы изучали реакции головного мозга на звуковые контуры — комплексы звуков увеличивающейся или уменьшающейся высоты, которые составляют основу любой мелодии. Мы сконструировали мелодии, состоящие из различных контуров, используя пять одинаковых тонов, а затем зарегистрировали реакции одиночных нейронов слуховой коры кошки. Было обнаружено, что реакции клеток (число разрядов) зависели от положения данного тона в мелодии: нейроны могли разряжаться более интенсивно, если тону предшествовали

другие тоны, чем когда он был первым в мелодии. Кроме того, на один и тот же тон клетки реагировали по-разному, в зависимости от того, был ли он частью восходящего контура (в котором высота звуков увеличивалась) или нисходящего. Это указывает на большое значение паттерна мелодии: переработка информации в слуховой системе существенно отличается от простой ретрансляции звуков в телефоне или стереосистеме.

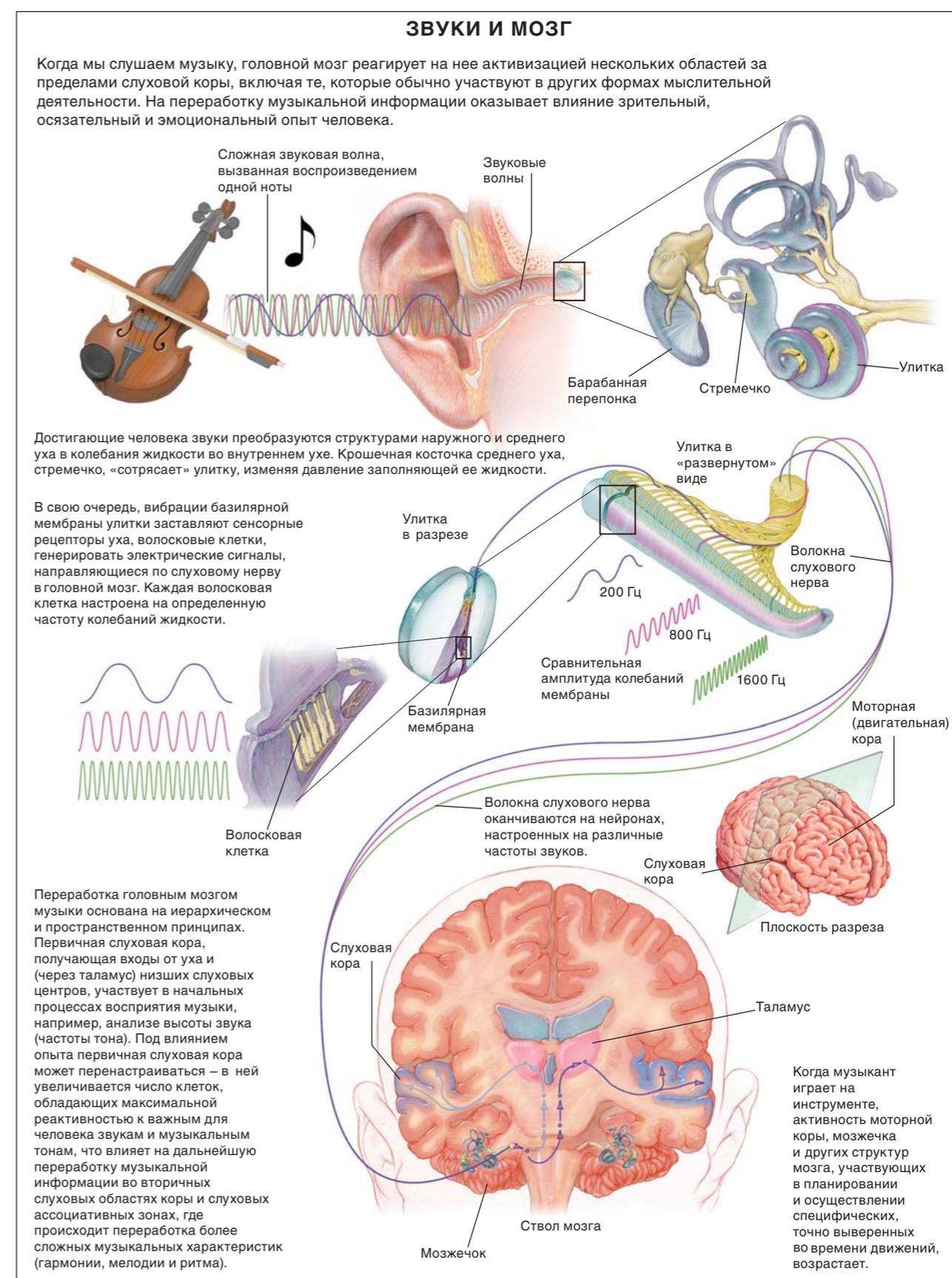
Реакции мозга на музыку зависят также от опыта и подготовленности слушателя. Они могут меняться даже под влиянием кратковременного обучения. Так, например, еще 10 лет назад ученые считали, что каждая клетка слуховой коры раз и навсегда настроена на определенные характеристики звука. Однако оказалось, что настройка клеток может меняться: некоторые нейроны становятся сверхчувствительными к звукам, привлекающим внимание животных и хранящимся у них в памяти.

В 1990-х гг. мы провели опыт, в котором попытались выяснить, меняется ли базовая организация слуховой коры у животного, когда оно начинает понимать, что какой-то определенный тон для него важен. Вначале мы предлагали морским свинкам множество разнообразных тонов и регистрировали ответы нейронов, чтобы определить, какие из них вызывают максимальные реакции клеток. Затем мы обучали животных воспринимать определенный тон как сигнал, предшествующий болевому раздражению лап слабым электрическим током. Условный рефлекс вырабатывался у морских свинок через несколько минут. После этого мы снова определяли силу нейронных ответов непосредственно после обучения и некоторое время (до двух месяцев) спустя. Было обнаружено, что настройка нейронов изменилась, сместившись в область частот сигнального тона. Таким образом, мы выяснили, что обучение вызывает перенастройку мозга, в результате которой увеличивается число нейронов, отвечающих максимальными реакциями на поведенчески значимые звуки. Процесс охватывает всю слуховую кору, переинициализируя частотную карту так, чтобы переработкой информации о значимых звуках занимались более обширные ее участки. Для того чтобы определить, какие звуковые частоты представляют для животного особую важность, достаточно изучить частотную организацию его слуховой коры.

В 1988 г. было проведено аналогичное исследование с людьми: их обучали придавать особую значимость одному из предъявляемых тонов. Было установлено, что это вызывает у испытуемых точно такой же сдвиг частотной настройки нейронов, что и у животных. Результаты

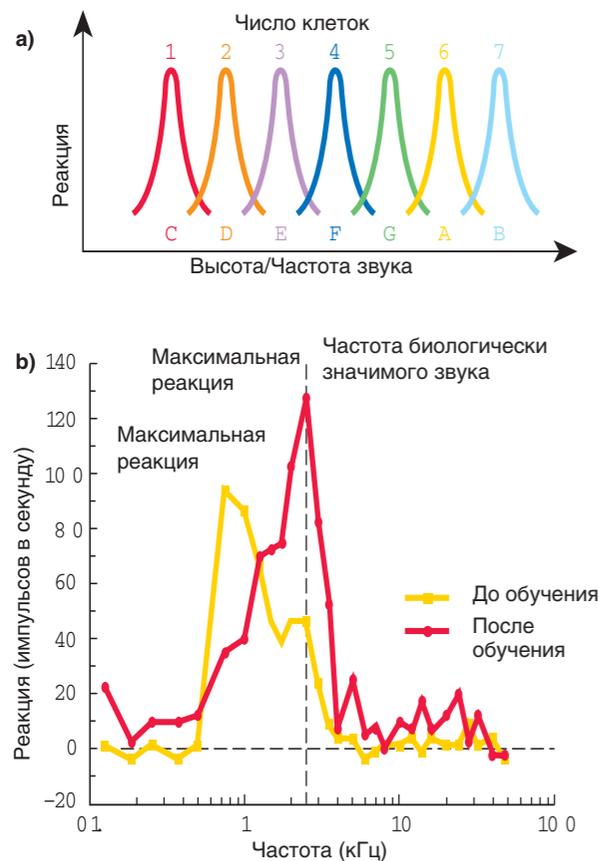
**ОБЗОР: МУЗЫКАЛЬНЫЙ МОЗГ**

- Даже двухмесячные младенцы поворачивают голову к источнику приятных для слуха звуков.
- На акустические и эмоциональные составляющие музыки реагируют многочисленные области мозга. Головной мозг способен изменяться, усиливая свои реакции на звуки, приобретающие для человека особую важность.



### ПЕРЕНАСТРОЙКА МОЗГА

Каждая клетка мозга реагирует на определенную высоту (частоту) звука (а). Когда какой-либо тон приобретает для животного особую значимость, первоначальная настройка клеток изменяется (b). В результате участвует более обширная область мозга (c).



долгосрочного обучения за счет нейронной перенастройки помогают, например, объяснить, почему мы так быстро распознаем знакомую мелодию в шумной комнате и почему люди, страдающие потерей памяти вследствие болезни Альцгеймера и других нейродегенеративных заболеваний, способны вспоминать музыку, которую они запомнили в далеком прошлом.

### Музыкально одаренный мозг

Подобно тому, как кратковременное обучение увеличивает число нейронов, реагирующих на звук, длительное обучение усиливает реакции нервных клеток и даже вызывает физические изменения в мозге. Реакции головного мозга профессиональных музыкантов существенно отличаются от реакций немусыкантов, а некоторые области их мозга развиты чрезмерно.

Когда музыканты слушают фортепианную игру, площадь слуховых зон, реагирующих на музыку, у них на 25% больше, чем у людей, не имеющих отношения к музыке. Исследования детей также подтверждают предположение, что ранний музыкальный опыт облегчает «музыкальное» развитие мозга. Ученые регистрировали реакции головного мозга 4–5-летних детей на звуки фортепиано, скрипки и чистые тоны. У ребят, в чьих домах постоянно звучала музыка, выявлена более высокая активность слуховых областей мозга, чем у тех, которые были на три года старше, но музыку слушали мало.

Объем слуховой коры у музыкантов на 30% больше, чем у людей, не имеющих отношения к музыке. Кроме того, у них большая площадь мозга вовлечена в управление движениями пальцев, необходимыми для игры на различных инструментах. Площадь мозговых зон, получающих сенсорные ходы от указательного, среднего, безымянного пальцев и мизинца левой руки у скрипачей, значительно больше, чем у немусыкантов (именно эти пальцы и совершают быстрые и сложные движения во время игры на инструменте). С другой стороны, ученые не выявили никакого увеличения площади корковых зон, получающих входы от правой руки, в которой музыкант держит смычок и пальцы которой не совершают особых движений. И, наконец, было выявлено, что головной мозг трубачей генерирует ответы повышенной амплитуды только на звуки трубы, но не скрипки или фортепиано.

### Ода к радости или печали?

Исследователи изучают не только переработку мозгом «акустической» составляющей музыки,

### ПРИРОЖДЕННЫЕ МУЗЫКАНТЫ



обстоятельствах напевала мать, в независимости от того, на каком языке исполнялась песня. Откуда же мы знаем, что младенцы понимают музыку, если они даже не умеют разговаривать? Мы определяем это с помощью объективной оценки их поведения. Например, ребенок сидит на коленях у матери. Слева и справа находятся две колонки, а рядом с ними – ящики из прозрачного пластика. Обычно ящики темные, но когда малыш поворачивает голову к одному из них, в нем загорается свет и начинает двигаться игрушечная собачка или обезьянка. Во время эксперимента исследователь, чтобы отвлечь внимание ребенка от ящиков, манипулирует перед ним различными предметами. Музыкальный стимул (тон и мелодия) появляется из одной колонки. Время от времени экспериментатор нажимает спрятанную кнопку, изменяющую характер стимула. Если малыш замечает разницу в звучании стимула и поворачивает голову к колонке, он получает вознаграждение – вид движущейся игрушки. Опыты показывают, что младенцы выявляют различия между двумя близкими по звучанию тонами не хуже взрослых. Кроме того, малыши замечают изменения как темпа (скорость воспроизведения) музыки, так и ритма и тональности. Кроме того, недавно обнаружили, что 2–6-месячные дети предпочитают созвучия-консонансы диссонансам. Музыкальное образование ребенка начинается еще раньше – в материнском чреве.

Все люди рождаются музыкантами. Чтобы отыскать музыкально одаренного ребенка, далеко ходить не надо – достаточно взглянуть на любого малыша. Задолго до того, как он начинает понимать и произносить первые слова, у него возникают отчетливые реакции на музыку. Вот почему многие родители инстинктивно предпочитают общаться со своими детьми с помощью мелодий. Исследование, проведенное в 1999 г. в Йоркском университете в Торонто, показало, что матери, вне зависимости от этнической принадлежности, напевали одну и ту же песенку и когда находились рядом с ребенком, и когда оставались одни. Когда оба варианта записей проигрывали другим родителям, те точно определяли, при каких

но и процессы, благодаря которым она эмоционально воздействует на людей. В одной из таких работ было показано, что физические реакции на музыку (в виде мурашек, слез, смеха и т.д.) возникают у 80% взрослых людей. 70% из нескольких сотен опрошенных сказали, что они наслаждаются музыкой, «потому что она порождает эмоции и чувства».

До недавнего времени механизмы таких реакций оставались загадкой. Однако исследование больной, страдающей двусторонним

повреждением височных долей, затронувшим и области слуховой коры, подсказало ответ на мучивший нас вопрос. У пациентки сохранился нормальный интеллект и общая память, не возникает никаких трудностей с языком и речью. Но музыку (будь то старые и прежде хорошо известные ей произведения или же новые, только что прослушанные) она не узнает. Девушка не способна различить и две мелодии, какими бы разными они ни были. И тем не менее у нее наблюдаются нормальные эмоциональные



Этой костяной флейте, найденной во Франции, по меньшей мере 32 тыс. лет: люди сочиняли и исполняли музыку с тех пор, как зародилась культура



### ТЮЛЕНИ И МУЗЫКА

В 1960 году во время плавания в Японском море наш корабль – малый рыболовецкий тральщик – стоял на рейде метрах в ста от берега одного из островов Малых Курил. Море было удивительно спокойным, а день – солнечным и тихим. Я вышел на палубу и увидел, что на расстоянии нескольких метров, высунув из воды забавные мордочки, на меня внимательно смотрят несколько небольших тюленей. Я спросил боцмана, что их так привлекает.

– Да они музыку слушают!

Действительно, по громкой связи звучала несложная мелодия. Боцман зашел в рубку и вырубил звук. Зверьки огорченно завертели головами и уплыли. Но стоило включить музыку, как они вернулись. Я навсегда запомнил их выразительный взгляд, ушки на макушке, усы и то, с каким вниманием они слушали нашу, человеческую музыку. Ее я, правда, вспомнить не могу.

С. П. Капица

реакции на музыку разных жанров, а ее способность отождествлять эмоции с настроением музыкального произведения абсолютно адекватна. Мы предположили, что височные доли мозга необходимы для понимания мелодии, но не для возникновения соответствующей эмоциональной реакции, в развитии которой участвуют как подкорковые структуры, так и лобные доли коры.

В 2001 г. ученые из Университета Макгилла попытались выявить области мозга, участвующие в развитии эмоциональных реакций на музыку. В исследовании использовались слабые эмоциональные раздражители, связанные с реакциями людей на консонансы и диссонансы. К созвучиям-консонансам относятся такие музыкальные интервалы или аккорды, для которых характерно простое соотношение частот составляющих их звуков. В качестве примера можно привести до первой октавы (частотой примерно 260 Гц) и соль той же октавы (частотой около 390 Гц). Соотношение тонов составляет 2:3, что при одновременном их воспроизведении порождает приятное для слуха созвучие. Напротив, до первой октавы и соседний до-диез (частотой 277 Гц) дают сложное соотношение частот, составляющее 8:9, и при одновременном звучании воспринимаются как неприятный аккорд.

Как реагирует на благозвучные и неблагозвучные сочетания тонов головной мозг? Его изображения, полученные с помощью позитронно-эмиссионной томографии во время

прослушивания испытуемыми созвучий-консонансов и диссонансов, показали, что в развитии эмоциональных реакций участвуют различные области. Аккорды-консонансы активизировали орбитофронтальную область коры (часть мозговой системы вознаграждения) правого полушария, а также часть области, расположенной под мозолистым телом. Аккорды-диссонансы вызывали активизацию правой парагиппокампальной извилины. Таким образом, в развитии эмоциональных переживаний, связанных с восприятием музыки, принимают участие две различные системы мозговых структур. Ученые раскрыли еще одну тайну, связанную с восприятием музыки. Когда они сканировали головной мозг музыкантов, блаженствовавших во время прослушивания мелодий, они обнаружили, что звуки вызывали активизацию ряда тех же самых мозговых систем вознаграждения, которые активизируются и под влиянием вкусной еды, занятий сексом и приема наркотиков.

Полученные данные указывают на то, что восприятие музыки имеет биологическую природу и опосредовано специфической функциональной организацией головного мозга. Ученым совершенно ясно, что различные аспекты переработки музыкальной информации связаны с деятельностью многочисленных мозговых структур, одни из которых обеспечивают восприятие музыки (например, понимание мелодии), а другие опосредуют развитие эмоциональных реакций. ■

(В мире науки, № 2, 2005)





# ПСИХОЛОГИЯ: творчество, психологическое время, память, мышление, сознание, стресс

## III

Выживание человечества, а возможно,  
и всей планеты зависит от того, насколько  
хорошо будет понята психика человека.  
Если мы согласимся, что психика — это совокупность  
происходящих в мозге процессов, необходимость  
в эмпирических исследованиях становится очевидной



# ФРЕЙД ВОЗВРАЩАЕТСЯ

Марк Солмс

Нейробиологов, придерживающихся разных взглядов на работу головного мозга, примиряет психологическая теория Фрейда

**И**деи Зигмунда Фрейда доминировали в психологии всю первую половину XX века. В основу его теорий легло предположение, что большинство мотиваций человека скрыты в глубоких пластах подсознания. Более того, они активно изгоняются из нашего сознания некими силами вытеснения. Исполнительный орган психики (*Ego* — Я) отвергает любые подсознательные влечения (*Id* — Оно), которые могли бы толкнуть человека на поступки, несовместимые с нормами цивилизованной общественной жизни. Необходимость такого подавления (вытеснения) связана с тем, что подсознательные влечения нередко проявляются в виде вспышек необузданных страстей, детских фантазий или сексуальных и агрессивных побуждений.

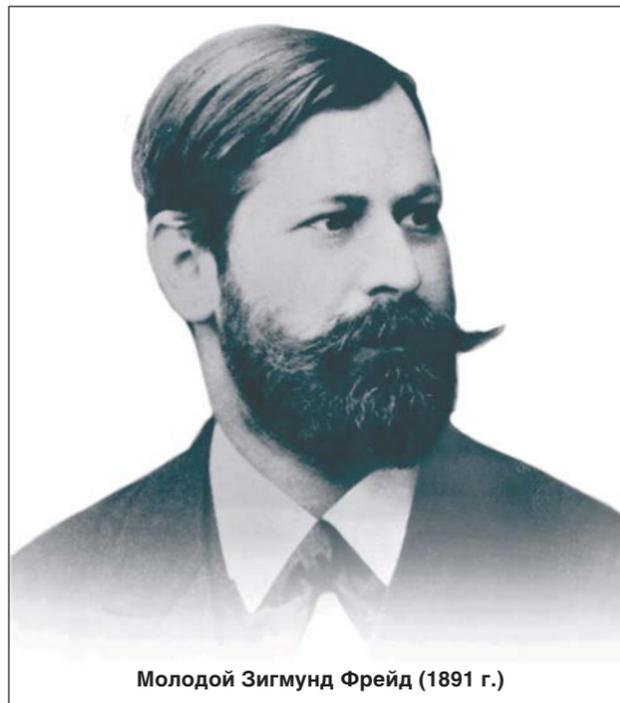


DUŠAN

Начиная с 1950-х гг., когда появились более совершенные методы исследования человеческой психики и мозга, стало очевидно, что доводы, которыми Фрейд подкреплял свои теории, в научном отношении довольно шатки. Главным методом его работы был не научный эксперимент в строго контролируемых условиях, а простое наблюдение за пациентами в психиатрических клиниках. Между тем для лечения таких больных все чаще стали применять лекарства, и биологический подход к изучению психических заболеваний мало-помалу начал вытеснять психоанализ. Будь Фрейд в то время жив, скорее всего он даже приветствовал бы такой поворот событий. Пользовавшийся при жизни репутацией выдающегося невролога, он не раз отмечал, что «описания человеческой психики стали бы более совершенными, если бы мы могли заменить психологические понятия физиологическими и химическими терминами». Но в распоряжении Фрейда не было тех научных подходов, благодаря которым сегодня мы знаем, как устроен мозг здоровых людей и невротиков.

В начале 1980-х гг. понятия *Ego* и *Id* считались безнадежно устаревшими даже в некоторых психоаналитических кругах. Фрейд стал историей. Согласно психологическим представлениям, пришедшим на смену фрейдистской теории, люди, испытывающие депрессию, чувствуют себя несчастными не потому, что в раннем детстве пережили некие травматические события, а потому, что в их головном мозге нарушилось равновесие между определенными химическими соединениями. Однако психофармакологи не предложили взамен психоанализу никакой всеобъемлющей теории личности, эмоций и мотиваций.

Сегодня ученые вновь пытаются создать общую теорию функционирования человеческой психики. Самое удивительное то, что она не слишком отличается от той, что была выстроена Фрейдом



Молодой Зигмунд Фрейд (1891 г.)

100 лет назад. Согласно нейробиологи достигнуто не скоро, но они все чаще приходят к мнению, высказанному Эриком Канделом, лауреатом Нобелевской премии по физиологии и медицине 2000 г.: «Психоанализ просто-напросто и по сей день остается наиболее связной и логически обоснованной концепцией функционирования нашей психики».

Фрейд возвращается — и не только в теории. Почти во всех крупных городах мира возникли междисциплинарные научные группы, объединившие исследователей, которые прежде представляли враждебные друг другу нейробиологию и психоанализ. Тесное взаимодействие таких коллективов привело к возникновению Международного нейropsихоаналитического общества, ежегодно проводящего конгрессы и издающего популярный журнал «Нейropsихоанализ» (*Neuro-Psychoanalysis*). В редакционный совет издания входят такие признанные авторитеты в области современной поведенческой нейробиологии, как Антонио Дамасио (Antonio R. Damasio), Эрик Кандел, Джозеф Леду (Joseph E. LeDoux), Бенджамин Либет (Benjamin Libet), Як Пенксеппо (Jaak Panksepp), Виляяну Рамачандран (Vilayanur S. Ramachandran), Дэниел Шектер (Daniel L. Schacter) и Вольф Зингер (Wolf Singer).

Совместными усилиями нейробиологи и психоаналитики закладывают фундамент теории, которая, по словам Кандела, станет «новым интеллектуальным каркасом психиатрии» и окажет на эту науку такое же влияние, какое оказала теория эволюции

**ОБЗОР: МОДЕЛИ ПСИХИКИ**

- Долгие годы в психологии и психиатрии господствовали концепции Фрейда о бессознательных влечениях, Я (*Ego*), Оно (*Id*) и т.д. Достижения нейробиологии и нейрофизиологии мало-помалу оттеснили эту модель на задний план. Нейробиологи стали объяснять психические процессы нейронной активностью мозга.
- Однако последние попытки связать воедино имеющиеся неврологические данные привели к возникновению химической концепции психики, которая подтверждает правильность теоретических представлений Фрейда. Все большее число ученых во всем мире мечтает объединить неврологию и психиатрию в рамках единой теории.

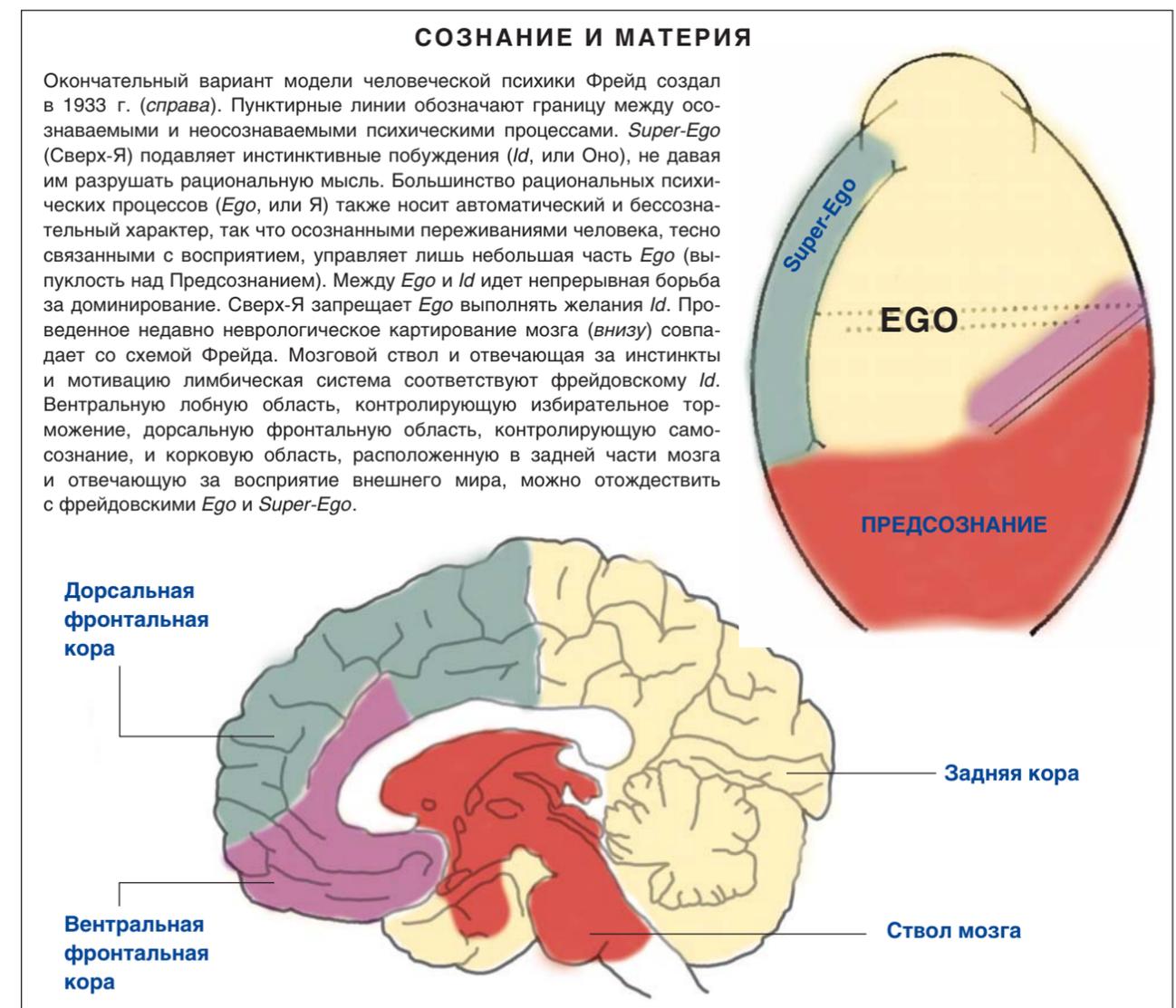
Дарвина на молекулярную генетику. В то же время нейробиологи обнаруживают все новые экспериментальные подтверждения фрейдовских идей и пристально изучают биохимические и физиологические механизмы описанных им психических процессов.

**Подсознательная мотивация**

Когда Фрейд сформулировал главное положение своей теории: психические процессы, определяющие наши повседневные мысли, чувства и намерения, возникают у нас неосознанно, — его современники в один голос заявили, что это невозможно. Однако последние исследования не только подтверждают существование неосознаваемых психических процессов, но и указывают на то, что они играют в человеческой психике решающую роль. Так, например, было показано, что поведение пациентов, неспособных вспомнить некоторые события

своей жизни, произошедшие после повреждения мозговых структур, ответственных за хранение памяти, в действительности находится под влиянием этих забытых событий. Специалисты в области когнитивной нейробиологии говорят о различных системах памяти, осуществляющих эксплицитную (осознаваемую) и имплицитную (неосознаваемую) переработку информации. Такие же формы памяти различал и Фрейд.

Кроме того, ученые идентифицировали системы неосознанной памяти, опосредующие эмоциональное обучение. В 1996 г. нейрофизиолог из Нью-Йоркского университета Джозеф Леду обнаружил существование корково-подкоркового нервного пути, соединяющего центр переработки сенсорной информации с примитивными структурами головного мозга, порождающими реакции страха. Поскольку этот путь проходит через гиппокамп



(отдел мозга, отвечающий за формирование осознанной памяти), текущие события, как правило, вызывают у нас бессознательные воспоминания об эмоционально важных моментах прошлого, порождая вполне осознаваемые, но кажущиеся нам абсолютно иррациональными ощущения (например, некоторых людей немного пугают бородатые мужчины).

Нейробиологи обнаружили, что основные структуры мозга, ответственные за формирование эксплицитной памяти, в течение двух первых лет жизни ребенка не функционируют. Этот факт прекрасно объясняет феномен, названный Фрейдом инфантильной амнезией. Как полагал ученый, мы не то чтобы забываем свои первые впечатления — мы просто не можем вспомнить их на уровне сознания. Однако это не означает, что следы таких событий не влияют на чувства и поведение взрослого человека. Едва ли найдется хоть один современный специалист в области нейробиологии развития, который не согласился бы с тем, что ранние впечатления (особенно связанные с общением между матерью и ребенком) влияют на формирование нервных связей в головном мозге, а следовательно, и накладывают неизгладимый



На мозговых сканах отчетливо различимы повреждения тканей, вызывающие нарушения психологических функций, которые Фрейд изучал лишь клинически. Проведенное недавно томографическое исследование пациента, сочинявшего невероятные истории о своей жизни, выявило повреждение поясной извилины (стрелка) — части медиальной фронтальной доли коры. Фрейд сказал бы, что эта структура не дает подсознательным желаниям изменять рациональное самосознание человека.

отпечаток на будущую личность и психическое здоровье человека. И тем не менее осознанно вспомнить какое-либо из ранних впечатлений мы не в состоянии. Ученым становится все очевиднее, что наша психическая активность в значительной мере мотивируется подсознательно.

### Вытеснение реабилитировано

Недавние исследования подтвердили и другое предположение Фрейда: мы активно вытесняем неприятную информацию в область подсознательного. Самая шумевшая работа была проведена на больных анагнозией специалистом по поведенческой неврологии из Калифорнийского университета в Сан-Диего Вилаянуром Рамачандром. Повреждение правой теменной области коры приводит к тому, что люди перестают осознавать присутствие им серьезные физические дефекты (например, паралич конечности). После того как Рамачандран искусственно активировал правое полушарие у одной из таких больных, она вдруг поняла, что ее левая рука парализована, а главное — осознала, что в таком состоянии рука пребывала восемь дней с момента инсульта. Таким образом, пациентка не только осмыслила свой дефект, но, оказывается, и бессознательно регистрировала его в памяти все восемь предшествующих дней.

Показательно, что, когда искусственная стимуляция мозга прекратилась, больная не только вернулась к убеждению, что с рукой у нее все в порядке, но даже забыла тот отрывок разговора с врачом, где признавала свой недостаток (все прочие подробности этой беседы в ее памяти сохранились). Такие факты заставляют предполагать, что память действительно подавляется избирательным образом. Наблюдения за этой больной убедили ученого в реальности феномена вытеснения, составляющего краеугольный камень классической теории психоанализа.

Аналогичный феномен был выявлен и у людей с интактным мозгом. Исследования показывают, что если явственные эффекты вытеснения можно вызвать у обычных людей в безобидной лабораторной обстановке, то в травмирующих ситуациях реальной жизни они должны быть выражены в гораздо большей степени.

### Принцип удовольствия

Однако Фрейд пошел в своих рассуждениях еще дальше. Он не только утверждал, что наша психическая жизнь имеет подсознательную природу, но и что вытесненная часть подсознательной психики функционирует не по принципу реальности, управляющему сознательным *Ego*, а совсем

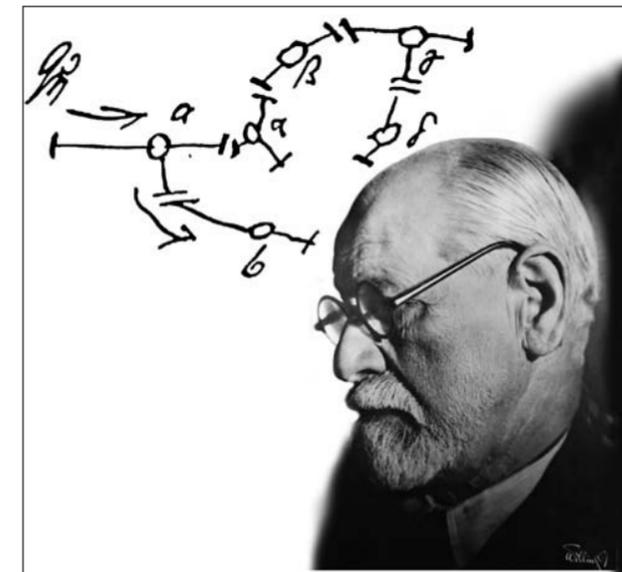
по другим законам. Эта форма подсознательного мышления всецело определяется желаниями, беспечно игнорируя и законы логики, и ход времени.

Если Фрейд прав, то повреждение тормозных структур головного мозга (место локализации «подавляющего» *Ego*) должно освобождать от пут иррациональные, руководствующиеся лишь желанием, формы психической активности. Именно это и наблюдается у больных с поврежденными участками фронтальной лимбической области мозга, контролирующей важнейшие характеристики самосознания. Для таких пациентов свойственно нарушение памяти, получившее название синдрома Корсакова: они не осознают, что страдают амнезией, а потому заполняют провалы в памяти выдуманными историями — конфабуляциями.

Недавно нейропсихолог из Даремского университета Айкатерини Фотопулу (Aikaterini Fotopoulou) в моем присутствии наблюдал одного из таких больных. Ни на одном из ежедневных 50-минутных сеансов, проводившихся 12 дней подряд, пациент не мог вспомнить, что видел меня когда-нибудь прежде и что недавно ему была сделана операция по удалению опухоли лобных долей, которая и стала причиной амнезии. Он пребывал в полной уверенности, что с ним все в порядке, а когда его спрашивали о шраме на голове, сочинял неправдоподобную историю об удалении зуба или операции на сердце. Пациент действительно перенес хирургические вмешательства, но это было много лет назад, и, в отличие от операции на мозге, завершились они успешно.

На вопрос «Кто я?» больной в разные дни отвечал, что я — его коллега, собутыльник, клиент, консультирующийся с ним по вопросам профессиональной экспертизы, член спортивной команды, за которую он играл в колледже, и, наконец, механик, ремонтирующий один из его многочисленных автомобилей (таковых у него не было вовсе). Этим выдумкам соответствовало и его поведение: то он обводил кабинет взглядом в поисках кружки с пивом, то смотрел в окно на воображаемую машину.

Поражает то, что содержание вымыслов определяется желаниями пациента. Айкатерини Фотопулу подтвердил это, проведя количественный анализ последовательной серии из 155 конфабуляций больного. Его выдумки носили далеко не случайный характер — их породил «принцип удовольствия», которому Фрейд отводил главную роль в управлении бессознательной психикой. Наш пациент попросту воссоздавал реальность в соответствии со своими желаниями. Аналогичные наблюдения были сделаны многими исследователями, которые, однако, не являются психоаналитиками,



В 1895 г. Фрейд, надеясь на то, что для объяснения психических процессов ученые будут пользоваться не психологическими, а биологическими понятиями, сделал этот набросок нервного механизма вытеснения (вверху). Неприятные воспоминания обычно активируются неким стимулом (*Qn*, дальний слева), направляющимся от нейрона к нейрону *b* (внизу). Но если другие нейроны (вверху справа) окажут подавляющее воздействие, нейрон «альфа» (справа от *a*) может блокировать проведение сигнала и, таким образом, предотвратить активацию. На рисунке Фрейд (снимок сделан в конце жизни ученого) изобразил нейроны разделенными узкими щелями. Два года спустя синапсы были обнаружены английским ученым Чарлзом Шеррингтоном.

а специализируются в области когнитивной нейробиологии. Тем не менее все они интерпретируют свои открытия в рамках теории Фрейда. Они утверждают, что приводящее к конфабуляциям повреждение фронтальной лимбической области мозга ухудшает механизмы когнитивного контроля, обеспечивающие нормальное восприятие реальности, и снимает блокаду с подсознательных влияний на восприятие, память и суждения.

### Зверь внутри

Фрейд полагал, что принцип удовольствия потворствует проявлению примитивных животных побуждений. Мысль, что поведением управляют потребности, направленные на достижение одной-единственной цели — плотской самореализации, его викторианские современники восприняли как кощунство. За последующие десятилетия общественное возмущение поутихло, а сами представления Фрейда о человеке как о животном подверглись изрядной переработке когнитивными психологами.

Сегодня они возвращаются к нам в первоначальном виде. Некоторые исследователи считают, что инстинктивные механизмы, управляющие человеческими мотивациями, в действительности оказались примитивнее, чем представлял Фрейд. Основные системы эмоционального контроля у человека, его родственников-приматов и других млекопитающих устроены одинаково. Те части нашего мозга, что ведают активностью глубинных пластов психики (фрейдовское *Id*), в химическом и функционально-анатомическом отношении мало чем отличаются от соответствующих отделов головного мозга домашних животных.

Однако современные нейробиологи не согласны с фрейдовским разделением человеческих инстинктов на сексуальные и агрессивные. Благодаря наблюдениям за больными с повреждениями различных отделов нервной системы, изучению действия разнообразных препаратов и искусственной стимуляции мозга они идентифицировали у млекопитающих четыре основные системы, ответственные за инстинктивное поведение животных. Это — поисковая система (или система вознаграждения); система гнева и ярости; система страха и тревоги и, наконец, система паники, контролирующая сложные инстинкты, управляемые социальными взаимоотношениями. Активность этих систем головного мозга регулируется нейротрансмиттерами — химическими веществами, опосредующими обмен сигналами между нервными клетками мозга.

Система вознаграждения, за активность которой отвечает дофамин, напоминает фрейдовское либидо. Согласно Фрейду, сексуальное влечение представляет собой систему, чья активность направлена на поиск удовольствия и которая инициирует значительную часть наших взаимодействий с окружающим миром. Как показывают исследования, нервный субстрат системы вознаграждения принимает самое непосредственное участие в развитии почти всех форм наркоманий и других форм патологических пристрастий. В этой связи интересно отметить, что ранние эксперименты Фрейда с кокаином (проведенные им на самом себе) бесповоротно убедили его в том, что система либидо должна иметь под собой определенную нейробиохимическую основу. В отличие от своих последователей, Фрейд не видел смысла противопоставлять психоанализ психофармакологии и с оптимизмом ожидал того дня, когда энергией *Id* можно будет непосредственно управлять с помощью химических веществ. Сегодня лучшим подходом к лечению психических заболеваний принято считать схемы, сочетающие психотерапию

с приемом психоактивных препаратов. Исследования, проведенные с помощью современных методов нейровизуализации, показывают, что воздействие на мозг «разговорной терапии» сравнимо с эффектами психопрепаратов.

### Сон и сновидения

Новое звучание приобретают сегодня и представления Фрейда о сне и сновидениях. Созданная им теория ночных видений как мимолетных проблесков подсознательных желаний подверглась сокрушительной критике в 1950-е гг., когда был открыт быстрый, или парадоксальный, сон и выявлена его тесная связь со сновидениями. А когда в 1970-е гг. ученые обнаружили, что цикл сна регулируется ацетилхолином — веществом, вырабатываемым лишенной какой-либо «психической деятельности» частью мозгового ствола, фрейдовская теория, казалось, рухнула окончательно. Было показано, что быстрый сон возникает автоматически, через каждые 90 минут, а контролируют процесс мозговые структуры и вещества, не имеющие никакого отношения к эмоциям и мотивации. Это открытие заставило ученых предположить, что сновидения лишены какого-либо смысла: это, дескать, всего лишь обрывочные истории, порождаемые высшими отделами головного мозга в ответ на хаотическую корковую активность, вызванную быстрым сном.

Однако позднее было установлено, что быстрый сон и сновидения — два совершенно различных феномена, регулируемых разными, хотя и взаимодействующими между собой механизмами. Оказалось, что сновидения генерируются сетью мозговых структур, сосредоточенных в той части переднего мозга, которая ведаёт инстинктами и мотивациями. Это открытие породило множество теорий сновидений, причем некоторые из них мало чем отличаются от представлений Фрейда. Пристальный интерес ученых вызвало наблюдение, сделанное сотрудниками нашей лаборатории: повреждение некоторых волокон в глубоких слоях лобной коры приводит к полному прекращению сновидений, сопровождающемуся общим ослаблением мотивированного поведения человека. Это повреждение было в точности таким же, что и в случае хирургической операции (префронтальной лейкотомии), к которой прежде прибегали нейрохирурги, чтобы избавить больных от галлюцинаций и бреда. В 1960-х гг. пациентам с этой целью назначали препараты, подавляющие активность дофамина в тех же самых системах мозга. Таким образом, вполне вероятно, что главным генератором сна служит система вознаграждения.

### Главная задача

Возвращение теорий Фрейда на авансцену современной психологии приветствуют далеко не все. Представителям старшего поколения психоаналитиков трудно смириться с тем, что молодые коллеги с легкостью подвергают священные догмы психоанализа проверке новейшими методами биологического анализа. Однако многие «старички» по обе стороны Атлантики относятся к этому вполне лояльно. Пример тому — маститые психоаналитики, входящие в редакционный совет журнала «Нейропсихоанализ», а также многочисленные члены Международного нейропсихоаналитического общества.

Понятно, почему возвращению психоаналитических идей противятся нейробиологи старшего поколения: слишком живы их воспоминания о, казалось бы, несокрушимой концепции фрейдизма, мозолившей им глаза в то время, когда они начинали свою научную деятельность. Вот почему они отказываются признать очевидный факт, что многие

представления Фрейда уже получили научное подтверждение (*врез внизу*). Но, как сказал Як Пенк-сеппо, «нейробиологи, действительно пекущиеся о примирении неврологии с психиатрией, видят свою задачу не в том, чтобы доказать правоту или неправоту Фрейда, а в том, чтобы это примирение наконец-то состоялось».

Если мы совместными усилиями воздвигнем «новый теоретический каркас» для психиатрии, пройдет то время, когда человеку с эмоциональными нарушениями придется выбирать между беседой с психоаналитиком (который может и не знать последних достижений медицины) и лекарствами, назначенными психофармакологом (который может не учесть всех обстоятельств жизни больного, вызвавших эмоциональный срыв). Психиатрия завтрашнего дня обещает своим пациентам помощь, основанную на всестороннем понимании как работы головного мозга, так и функционирования человеческой психики. ■

(В мире науки, № 8, 2004)

### ФРЕЙД ВОЗВРАЩАЕТСЯ? КАК В ДУРНОМ СНЕ!

Аллан Хобсон

Представления Зигмунда Фрейда о природе сновидений составляют ядро его теории о функционировании человеческой психики. Фрейдисты заявляют, что данные, полученные при изучении травмированного головного мозга и в исследованиях интактного мозга методами нейровизуализации, якобы подтверждают правильность концепции Фрейда. Однако другие работы показывают, что основные постулаты фрейдовской теории, по-видимому, ошибочны.

Фрейд объяснял причудливую природу сновидений усердным стремлением сознания «скрыть» неприемлемые инстинктивные желания, вырывающиеся из подсознания, когда во время сна *Ego* (Я) ослабляет свой контроль над *Id* (Оно). Большинство же нейробиологических данных подтверждает противоположную точку зрения: причудливость наших сновидений — результат нормальных изменений состояния головного мозга во время сна. Они генерируются химическими механизмами мозгового ствола, уменьшающими или увеличивающими активацию различных областей коры. Качество наших сновидений, эмоций и мыслей определяется химическими сдвигами в головном мозге. А фрейдистские понятия «символическая маскировка» и «цензура» вообще давно пора сбросить со счетов: никто уже не верит, что химией мозга управляет пресловутая борьба между *Ego* и *Id* (если таковая вообще имеет место). В научной состоятельности теории «маскировки и цензуры» сомневается и большинство самих психоаналитиков.

А что же тогда вообще остается от фрейдовской теории сновидений? Совсем немного — точнее, одно

только предположение, что инстинктивные влечения способны формировать сновидения. Данные исследований действительно указывают на то, что активация некоторых отделов лимбической системы, ведающих тревогой, гневом, равно как и положительными эмоциями, влияет на формирование сновидений. Но эти воздействия — отнюдь не «желания». Как показывает анализ сновидений, сопровождающие их эмоции имеют негативный характер не менее часто, чем позитивный. А это могло бы означать, что половина всех «желаний», которые мы адресуем самим себе, имеет негативное содержание. Эмоции же в сновидениях никак не замаскированы. Они окрашивают сны, зачастую заставляя нас просыпаться от ночных кошмаров. Фрейд никогда не мог объяснить, почему же во время сна мы испытываем столько отрицательных эмоций.

По мнению многих фрейдистов, объяснять сновидения мозговым химизмом — все равно что утверждать, будто бы они лишены эмоционального содержания. Но эти констатации совсем не эквивалентны. Теория, связывающая возникновение сновидений с процессами химической активации и синтеза, всего-навсего показывает ошибочность психоаналитического объяснения причудливости сновидений их глубоким «скрытым смыслом». А что касается быстрого сна, то по последним данным, сновидения могут появляться не только во время этой фазы — просто частота их возникновения во время быстрого сна в несколько раз выше, чем во время медленного. Все это нисколько не противоречит модели химической активации сновидений.



# СОЗНАНИЕ И МОЗГ

Алексей Иваницкий

Сознание человека — это его жизнь,  
состоящая из бесконечной смены впечатлений,  
мыслей и воспоминаний

**В**озникновение сознания — одна из величайших тайн природы, над разрешением которой не одно тысячелетие бьются физики и писатели, философы и священнослужители, медики и психологи. В последние годы накопление знаний о работе мозга происходит очень быстро. Поэтому наука вплотную подошла к решению загадки сознания. Каков же современный взгляд на соотношение сознания и процессов, происходящих в мозге?

Сознание человека — есть, по существу, его жизнь, состоящая из бесконечной смены впечатлений, мыслей и воспоминаний. Загадка нашего мозга многопланова и затрагивает интересы многих наук, исследующих тайны бытия. Один из главных вопросов — как сознание связано с мозгом. Данная проблема находится на стыке естественно-научного и гуманитарного знания, поскольку сознание возникает на основе происходящих в мозге процессов, но его содержание в значительной мере определяется социальным опытом. Решение этой головоломки могло бы перекинуть мост между двумя основными видами научного познания и способствовать созданию единой картины мироздания, органично включающей человека с его духовным миром. Вероятно, такова высшая цель науки, достижение которой необходимо для удовлетворения присущего человеку стремления к всеобъемлющему знанию. Но велико и практическое значение данной проблемы для медицины, образования, организации труда и отдыха.

Интерес к взаимосвязям сознания и мозга возник давно. Для русской физиологии начиная со времен И.М. Сеченова и И.П. Павлова он в известной мере традиционен. Однако долгое время решение столь сложной проблемы считалось делом отдаленного будущего. Понимание того, что исследование проблемы сознания — насущная задача сегодняшнего дня, пришло к физиологам сравнительно недавно: быстрый прогресс науки о мозге вывел эту тему на первые страницы журналов по нейронаукам. Возникла даже,

по образному выражению английского ученого Джона Тейлора, «гонка за сознанием». Прорыв в данной области был во многом связан с появлением методов «изображения живого мозга», таких как позитронно-эмиссионная томография, функциональный магнитный резонанс и многоканальная запись электрических и магнитных полей мозга. Новейшие приборы позволили увидеть на экране дисплея, какие зоны активизируются при выполнении различных задач, требующих умственного напряжения, а также с большой точностью определять локализацию поражения при заболеваниях нервной системы. Исследователи обрели возможность получать соответствующие изображения в виде красочных карт мозга.

С философской точки зрения можно задаться вопросом, насколько правомерно вообще пытаться объяснить движением нервных импульсов то, что мы воспринимаем как цвет или звук. Ощущение — сугубо личное чувство, «внутренний театр» каждого из нас, и задача науки о мозге — понять, какие нервные процессы приводят к возникновению субъективного образа. В то же время загадка человеческой психики по своей методологической сложности не уникальна и стоит в ряду других тайн природы. По существу, возникновение нового качества происходит на каждом этапе принципиального усложнения природных процессов. Примером качественного перехода, сопоставимого по сложности с возникновением сознания, американские ученые Ф. Крик и К. Кох считают зарождение жизни в результате действия цепочек ДНК и ферментных белков. Присущие живым объектам свойства не вытекают непосредственно из физико-химических свойств каждой из этих молекул. Такой пример кажется особенно убедительным в устах Ф. Крика, одного из первооткрывателей генетического кода.

Опыт научного познания показывает, что сложное явление, как правило, не возникает из ничего, а развивается в процессе эволюции из более простых форм. То же в полной мере относится и к субъективным переживаниям. Они

проходят путь от элементарных проявлений, таких как ощущения и эмоции, к сознанию высшего порядка, связанному с абстрактным мышлением и речью. Если исходить из подобных соображений, существует несколько подходов к изучению сознания, которые, однако, не исключают, а взаимно дополняют друг друга, объясняя феномены разной степени сложности. При этом некоторые базисные принципы организации нервных процессов, обнаруженные на ранних этапах эволюции психики, постепенно приобретают более сложные формы для обеспечения их высших проявлений.

### Возврат возбуждения и механизм ощущений

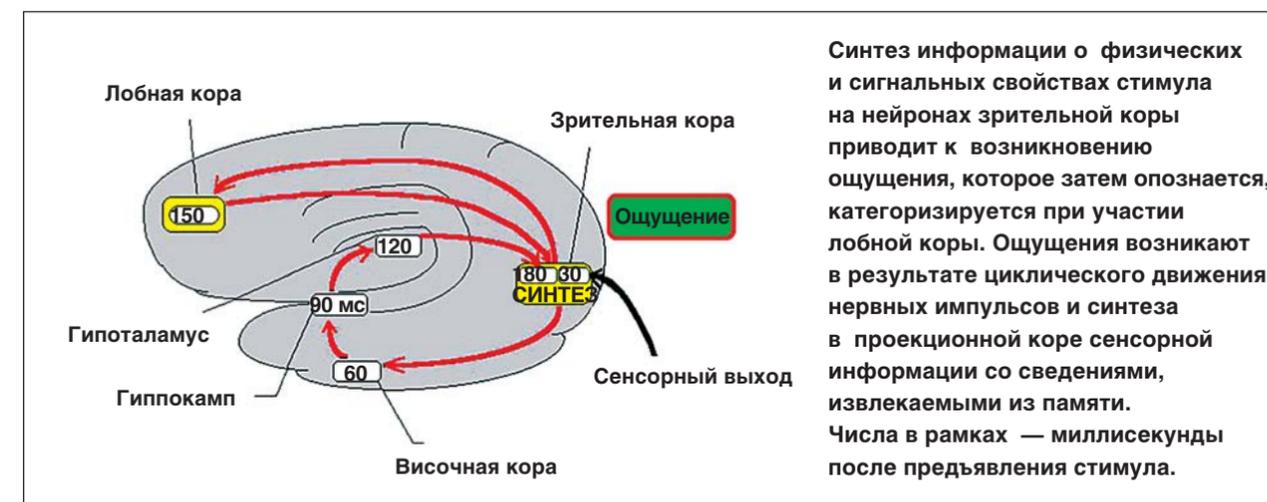
Первый подход к пониманию принципов природы психики основан на идее, что субъективный опыт возникает в результате определенной организации происходящих в мозге процессов и сопоставления в зонах коры новой информации с той, которая извлечена из памяти. Сведения о внешних событиях как бы проецируются на индивидуальный опыт субъекта. Это возникает в результате кольцевого движения возбуждения, которое после дополнительной обработки в других структурах мозга возвращается к местам первоначальных проекций. Впервые такая гипотеза была выдвинута нами в 1970-х гг. в результате исследований мозговых механизмов ощущений. В настоящее время ее разделяют многие специалисты.

Как уже сказано, гипотеза была основана на наших исследованиях механизма ощущений. Мы изучали вызванные потенциалы (ВП) мозга, то есть его электрическую реакцию на вновь поступивший сигнал. ВП представляет собой сложное по форме колебание, состоящее из ряда последовательных компонентов, и необходимо было понять, какие информационные процессы мозга они отражают. Анализ данных привел к выводу, что ранние волны ВП связаны с поступлением импульсов в кору по сенсорным путям от органов чувств. Они отражают физические параметры стимула. Поздние волны, вызванные передачей возбуждения от мотивационных центров, характеризуют значимость сигнала. Далее возник вопрос, как данные информационные процессы соотносятся с субъективным опытом. Я обратился к директору Института психологии РАН — в те годы этот пост занимал член-корреспондент АН СССР Б.Ф. Ломов. Его ответ был неожиданным и интересным. Он сказал, что в психологии есть теория, близкая по своим положениям к нашим

взглядам. Речь шла о теории обнаружения сигнала, рассматривающей восприятие как результат взаимодействия сенсорного и мотивационного факторов, которые называются, соответственно, показателем сенсорной чувствительности и критерием решения. Интересно, что данный подход позаимствован психологией из техники, в частности, из принципа устройства радаров, состоящих из чувствительного приемника и системы опознавания сигнала.

В ходе дальнейших исследований предстояло сопоставить в одном эксперименте две концепции: физиологическую и психологическую. Трудность заключалась в том, что теория обнаружения работает в области слабых сигналов, близких к порогу, т.к. вычисление соответствующих индексов восприятия основано на соотношении правильных и ошибочных реакций. В то же время запись ВП с его ранними волнами требует достаточно интенсивных раздражителей. Было принято решение использовать не абсолютный, а дифференциальный порог. Участник эксперимента должен был различить интенсивность двух близких по силе раздражителей (в одной серии — зрительных, в другой — кожных), при этом записывались ВП мозга на предъявляемые стимулы. Для получения количественных параметров ощущений были использованы методы теории обнаружения сигнала с вычислением двух упомянутых показателей. Затем была получена корреляция между физиологическими и психологическими показателями, причем результаты, в принципе, оказались сходными. Как и ожидалось, было установлено соответствие ранних волн ВП с сенсорным фактором психофизики, а поздних — с критерием решения. Несколько неожиданной и поэтому наиболее интересной оказалась взаимосвязь промежуточных волн ВП проекционной коры (куда поступают импульсы от органов чувств) с обоими индексами восприятия, то есть и с показателем сенсорной чувствительности, и с критерием решения. Такая двойная корреляция отражает синтез информации о физических и сигнальных свойствах стимула на нейронах проекционной коры. Эти волны возникали в ВП через 150–180 мс после стимула.

Принципиально важно, что это время достаточно точно совпало со скоростью возникновения ощущений, полученных ранее в ходе психофизических экспериментов. Еще в 20–30-е гг. прошлого века было установлено, что ощущения появляются только через 100–150 мс после предъявления стимула. При этом использовались



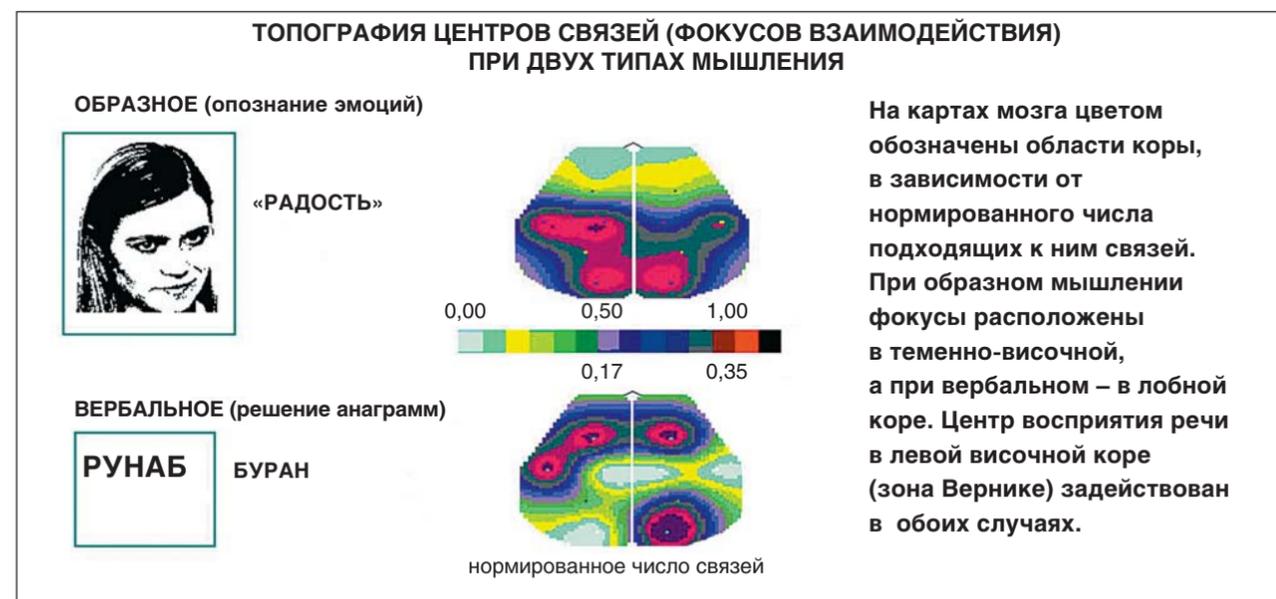
Синтез информации о физических и сигнальных свойствах стимула на нейронах зрительной коры приводит к возникновению ощущения, которое затем опознается, категоризируется при участии лобной коры. Ощущения возникают в результате циклического движения нервных импульсов и синтеза в проекционной коре сенсорной информации со сведениями, извлекаемыми из памяти. Числа в рамках — миллисекунды после предъявления стимула.

методы, основанные, главным образом, на принципе «обратной маскировки». Суть его такова: если после одного слабого стимула через короткий интервал следует второй, более сильный, первый не воспринимается. Постепенно увеличивая промежуток времени между обоими сигналами, можно вычислить момент, когда маскирующее действие исчезает, т.к. успевает сформироваться ощущение первого раздражителя. Было установлено, что ощущение появляется примерно через 150 мс после воздействия стимула. Наиболее достоверные данные были получены, когда в качестве маскирующего сигнала была использована прямая стимуляция коры коротким магнитным импульсом, который прикладывался к коже головы непосредственно над соответствующей областью коры мозга. Полученные результаты практически совпали с приведенными выше. Важно, что магнитный импульс вызывал маскирующее действие только в том случае, если он воздействовал на затылочную кору, проекционную для зрительных стимулов, т.е. только там, где наблюдалась описанная выше двойная корреляция волн ВП с показателями восприятия. Интервал в 150 мс называется «психологическим рефрактерным периодом», и психическое переживание не может быть короче его. Интересно сравнить приведенные показатели с данными физиологии о продолжительности обработки информации на одиночный стимул в зрительной коре, которая составляет около 200 мс.

На основе данных о физиологическом механизме волн вызванного потенциала и их связи с отделами мозга нами был описан процесс, обеспечивающий синтез информации (*врез вверху*). Он включает кольцевое движение воз-

буждения по отделам мозга. Из проекционной коры, получающей сигналы от органов чувств, возбуждение поступает в ассоциативную кору (нижневисочную для зрительных стимулов), где сведения сравниваются с эталоном и опознаются. Затем возбуждение переходит на энторинальную кору, находящуюся на внутренней поверхности височной доли полушарий и имеющую отношение к памяти. Там определяется значимость сигнала, его отношение к той или иной потребности организма. Потом импульсы возбуждения перемещаются в мотивационные центры промежуточного мозга, откуда вновь возвращаются по системе диффузных проекций в кору, в том числе и в зоны первичной проекции. Через 100 мс также возникают связи между проекционной и лобной корой. Такой цикл, продолжительность которого составляет около 150 мс, получил название «круг ощущений». Суть его в том, что он обеспечивает сравнение сенсорного сигнала со сведениями, извлеченными из памяти, включая данные о значимости полученной информации, что предположительно и лежит в основе перехода физиологического процесса на уровень психического, субъективного переживания. В результате возникшее ощущение не только точно передает физические характеристики стимула, но и становится эмоционально окрашенным. Вышеприведенная концепция получила название гипотезы информационного синтеза.

В последующие годы ее подтвердили результаты многих исследований, в том числе данные о топографии отделов мозга, входящих в «круг ощущений», и использование самой идеи возврата возбуждения для объяснения механизмов сознания. Среди наиболее значимых можно назвать работы нобелевского лауреата Дж. Эдельмана, который



использовал термин «повторный вход» (*re-entering*), обозначающий не обратную связь, под которой обычно понимают сигнал коррекции, а поступление дополнительной информации, полученной в результате опроса структур мозга, связанных с функцией памяти и мотивацией.

Помимо информационного синтеза возврат возбуждения по диффузным проекциям обеспечивает и интеграцию отдельных признаков стимула в единый образ. Исследования последних лет показали, что при этом важную роль играет ритм электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с частотой около 40 Гц. Именно синхронизация биопотенциалов мозга на определенном ритме создает условия для объединения нейросетей в единую систему, что необходимо для поддержания сознания.

Ощущение относится к достаточно простым психическим явлениям, которые некоторые ученые относят к так называемому первичному сознанию, куда можно отнести и эмоции, в исследование которых выдающийся вклад внес П.В. Симонов. Он впервые предложил формулу, согласно которой сила эмоции Э пропорциональна потребности П, умноженной на разность между сведениями, имеющимися у индивидуума, и теми, что необходимы ему для удовлетворения данной потребности:

$$Э = П (\text{Инф. налич.} - \text{Инф. необх.})$$

Из этой формулы следует, что эмоции, так же как и ощущения, возникают в результате сравнения двух информационных потоков. Здесь действует некоторая универсальная закономерность.

Интерес представляет вопрос, как в ходе эволюции могла возникнуть система возврата возбуждения и сравнения двух информационных потоков. В соответствии с концепцией Н. Хамфри психическое появилось в результате действия ответвлений отходящих от коры двигательных волокон к направляющимся к коре чувствительным путям, что сделало возможным направленную регуляцию поступающей к коре информации. В более простых системах такой процесс мог происходить на периферии, однако постепенно развились внутрикорковые способы фильтрации исполнительными центрами наиболее значимой для определения поведения информации, которые могли действовать и в отсутствие моторных команд. Н. Хамфри назвал такой механизм «чувственной петлей» (*sentient loop*), что даже терминологически близко к нашему «кругу ощущений».

Говоря о механизмах ощущений, уместно вспомнить слова, сказанные некогда И. Гете: «Если бы я не носил в себе весь мир, я был бы слепцом со здоровыми глазами».

### Сознание и речь. Мышление. Лобная кора

Более сложные психические явления, в первую очередь связанные с появлением речи, относят к сознанию высшего порядка. По мнению П.В. Симонова, оно возникло в результате общения между людьми. Данный процесс также связан со специализацией полушарий. Интересное мнение высказал М. Корбаллис: он считает, что речь развилась из необходимости в передаче достаточно сложной информации, причем сначала

на уровне обмена жестами. Лишь потом, когда передние конечности оказались заняты орудиями труда, движения рук стали соединяться с голосовыми сигналами, которые постепенно превратились в главное средство общения. Поскольку голосовые центры у многих животных расположены слева, корковые центры речи возникли также в левом полушарии. Одновременно изменились и функции зоны Брока — двигательного центра речи, находящегося у человека в левой лобной области. Аналогичные корковые зоны у обезьян имеются в обоих полушариях, но их функция несколько иная: там находятся «зеркальные нейроны», которые управляют действиями, повторяющими движения другой особи («обезьянничанием»). Любопытно, что и у маленьких детей речевые двигательные центры также двусторонни, и повреждение одного из них не приводит к потере речи, как это бывает у взрослых. Говоря о механизмах высших психических функций, особенно мышления, необходимо сказать и о работах Н. П. Бехтеревой и ее школы.

Последние годы прошлого века, объявленные «десятилетием мозга», ознаменовались быстрым накоплением знаний о принципах корковой организации психических функций. С помощью «изображений живого мозга» было установлено, что определенные поля коры отвечают за отдельные когнитивные, мыслительные операции. Однако высшие психические функции возникают в результате объединения специализированных полей за счет корковых связей.

В исследовании связей (центральной проблемы мозговой интеграции) особенно плодотворной оказалась идея, выдвинутая представителями российской нейрофизиологической школы: нервная связь образуется на основе согласования ритмов работы нейронных ансамблей, расположенных в разных отделах коры, что напоминает явление резонанса. При этом нервные импульсы от одной группы нейронов постоянно поступают к другой в повышенной фазе ее возбудимости, то есть возникает явление, до известной степени сходное с «зеленой волной» при движении транспорта. В результате исследований М.Н. Ливанова и В.С. Русинова было установлено, что показателем связи является синхронизация ритмов ЭЭГ, включая и отдельные составляющие ее спектра.

В наших работах по изучению мышления с применением нового метода картирования корковых связей впервые был описан рисунок связей, типичный для разных видов мышления.

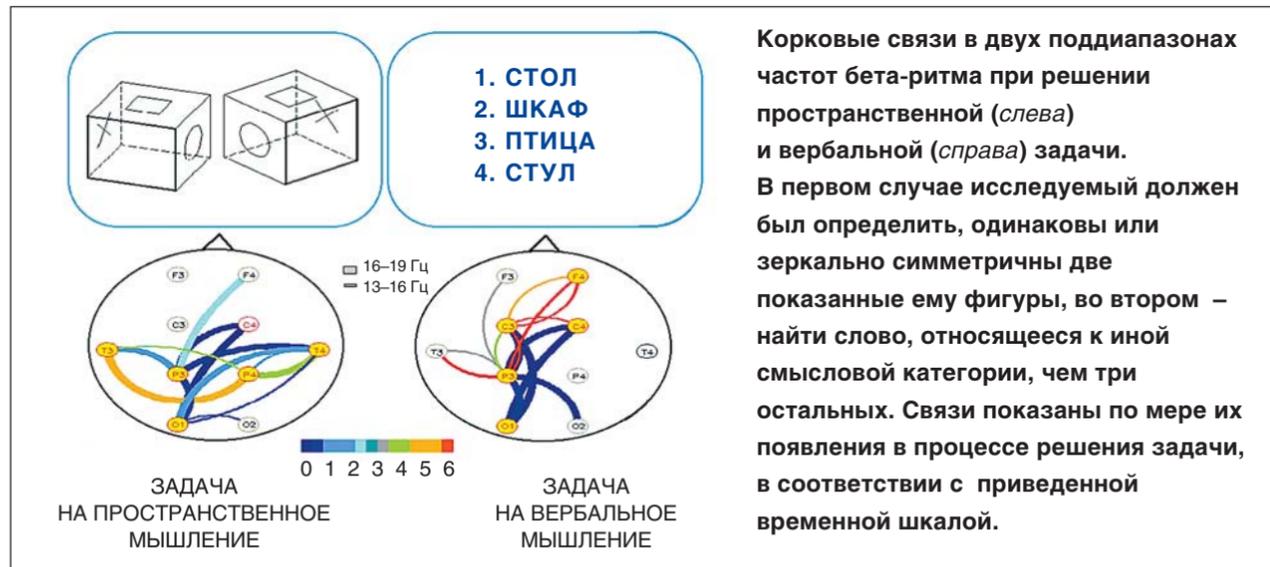
Испытуемому на экране монитора предлагались задания на образное, пространственное и абстрактно-вербальное мышление, о готовом ответе он сообщал словесно или движением джойстика. При этом проводилась многоканальная запись ЭЭГ в период между постановкой задачи и ее решением.

В результате исследований было установлено, что симметричный в состоянии покоя рисунок связей при решении задачи изменяется: связи начинают сходить к определенным полям коры, которые были обозначены как фокусы взаимодействия. При этом их топография различается в зависимости от вида мыслительной деятельности. Так, при образном мышлении (допустим, следует определить, какие эмоции выражают лица на фотографиях) фокусы локализовались в теменно-височной коре. При абстрактно-вербальном мышлении (решении анаграмм или категоризации слов) они располагаются в лобной коре (рис. на с. 149). При пространственном мышлении, включающем элементы как образного, так и абстрактного мышления, связи сходились к теменной и лобной коре. Было установлено также, что информация поступает к фокусам из различных отделов коры, имеющих свою специализацию, по связям, которые поддерживаются на разных частотах. В синтезе важную роль играет определенная мотивационная составляющая, так же как и при возникновении ощущений.

В фокусе, нейронные группы которого соединены жесткими связями, происходит синтез поступающих сведений, вследствие чего, вероятно, и принимается решение. В этих работах идея информационного синтеза была распространена и на мышление, т.к. оказалось, что принципы организации нервных процессов при

### ПСИХИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ

Психическая функция возникает на основе синтеза трех видов информации: исходящей из внешней среды (сенсорной), извлекаемой из памяти и приходящей из центров мотивации. Первая определяет связь сознания с внешним миром, вторая связывает настоящее и прошлое, включая личный опыт субъекта, и обеспечивает континуум сознания. Третья посылка связывает реальную ситуацию с удовлетворением определенной потребности, что придает сознанию жизненный смысл и лежит в основе понимания, которого нет у компьютера.



ощущении и мышлении в известной степени сходны. Различие заключается в том, что в первом случае происходит сопоставление двух потоков информации, а во втором — нескольких. Кроме того, центры синтеза при мышлении находятся не в проекционной, как при возникновении ощущений, а в ассоциативной коре. Интересно, что при решении любых задач, даже не требующих словесного ответа, на последнем этапе мыслительного процесса фокусы возникают в левой височной области, где расположен центр восприятия речи (так называемая зона Вернике), что говорит о том, что вербализация — важный компонент человеческого мышления. Итак, психическое восприятие возникает на основе определенной организации нервных процессов, в ходе которых происходит возврат возбуждения к местам первоначальных проекций. При более сложных функциях в данном процессе участвуют отделы лобной коры.

Такой вывод нашел подтверждение и в наших исследованиях коркового механизма вербальных ассоциаций, проведенных совместно с лабораторией М. Познера в США. Испытуемый должен был подобрать глагол, ассоциирующийся с предложенным существительным (например, молоток — ударить). Поскольку такой поиск занимал менее одной секунды, нами был разработан метод, временное разрешение которого составляло 100 мс, т.е. было близко к длительности отдельных мыслительных операций. При поиске ассоциаций сначала возникала диффузная система связей, которая захватывала достаточно обширные области коры, затем образовывались более специализированные связи между левой и правой

лобной корой. Потом возникали мощные связи между лобной и левой височно-теменной корой. Височная кора, таким образом, активировалась дважды: в первые 100–150 мс после предъявления слова и затем в интервале 185–460 мс. Семантика, то есть значение слова, определяется главным образом в лобной, а не в височной коре. В то же время для определения смысла предложения — элементарной единицы вербального мышления — необходимо взаимодействие лобной коры с зоной, расположенной в левой височной коре Вернике, поражение которой приводит к нарушению понимания речи.

**Запоминание последовательности событий. Декларативная память и гиппокамп. Избирательное внимание**

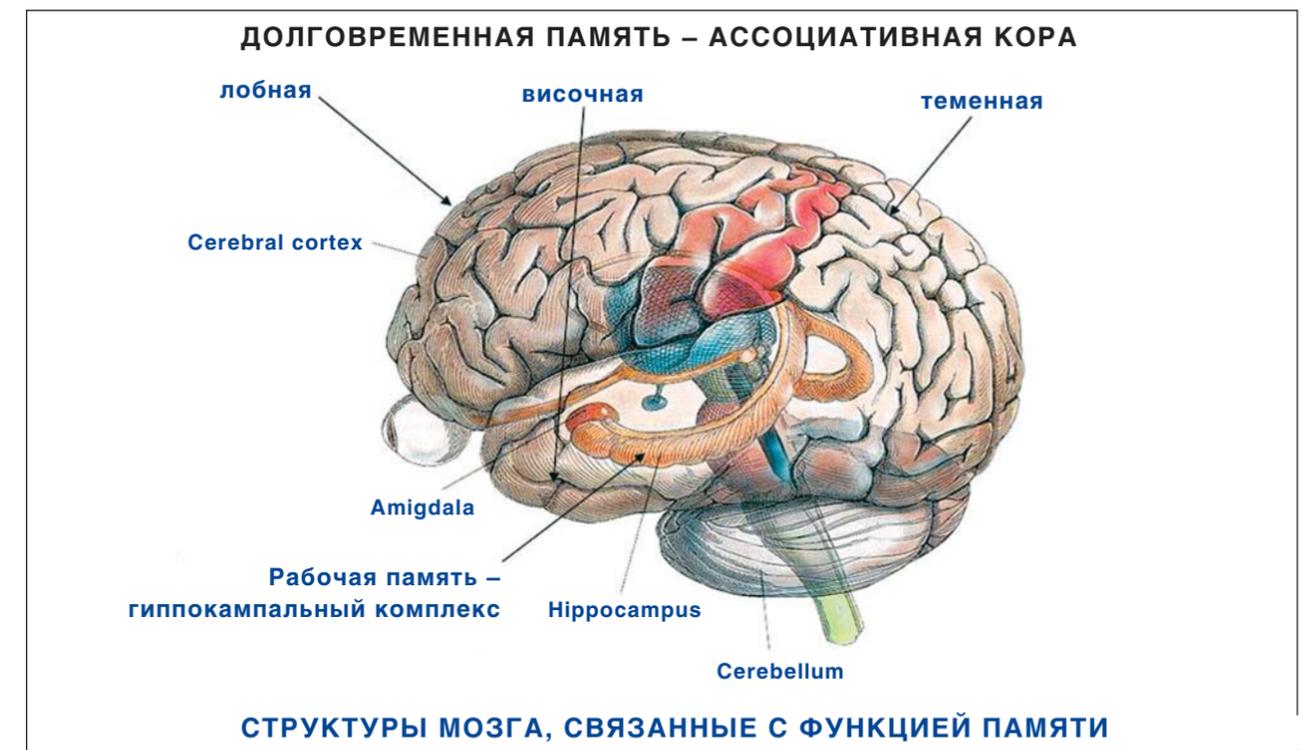
Важным свойством сознания представляется способность удерживать в голове последовательность происшедших событий и произвольно извлекать их из недр памяти. Французский философ Анри Бергсон (1859–1944) называл это свойство «памятью души», в отличие от «памяти тела», ответственной за двигательные и другие навыки. Современная терминология именуется им, соответственно, декларативной и процедурной памятью.

Последние десятилетия ознаменовались прорывом в исследовании мозговых механизмов видов памяти (рис. справа). Считается, что долговременная память связана с ассоциативной корой. В адресации памятных следов в определенные участки коры важную роль играют медиальные отделы височной области полушарий, включающие энторинальную кору и гиппокамп (он представляет

собой изогнутую полоску нейронов, напоминающую по форме морского конька, откуда и название). Вышеназванные образования имеют обширные связи как между собой, так и с проекционными (теми, куда приходят сигналы от органов чувств) и ассоциативными отделами коры. При запоминании они направляют сигнал в ассоциативную кору для длительного удержания в памяти, а при необходимости вспомнить, указывают адрес, где хранится связанная с поступившим сигналом информация. Приведем простой пример. Долговременная память похожа на книгохранилище в библиотеке, а гиппокампальный комплекс можно сравнить с каталогом, который показывает, где хранится нужная книга. Различие между двумя структурами гиппокампального комплекса заключается в том, что энторинальная кора участвует в сохранении сведений вне их связи с контекстом (процедурная, а для более сложных сигналов — семантическая память), а гиппокамп важен для декларативной памяти. Для пояснения различия между видами памяти можно привести такой пример. Предположим, что вы встречаете человека, лицо которого вам знакомо, но вы не можете понять, кто он, — это узнавание, или семантическая память. Если же вы помните, кто этот человек и при каких обстоятельствах вы познакомились, речь идет о воспоминании, о декларативной памяти. Оба вида памяти

имеют определенное электрофизиологическое выражение в рисунке ВП в виде позитивного сдвига его поздних «когнитивных» волн с латентностью около 400 мс для семантической и 500–700 мс для декларативной памяти, что было доказано, в частности, с помощью прямого отведения ВП от гиппокампальных структур через вживленные электроды. Повреждение гиппокампа приводит к нарушению декларативной памяти. Такие больные достаточно хорошо усваивают новые сведения, в том числе язык, приобретают сложные двигательные навыки, успешно учатся в школе и имеют высокий интеллектуальный коэффициент. В то же время они беспомощны в повседневной жизни, так как не помнят последовательности событий, не ориентируются во времени, не могут составить плана на будущее. Англоязычные авторы говорят при этом о нарушении двух свойств: *belongings* (принадлежности) и *appointments* (приурочения события ко времени). Интересно, что данное заболевание проявляется только с 5–6-летнего возраста, т.е. с того момента, когда здоровый человек начинает себя помнить.

В сохранении в памяти последовательности событий важную роль наряду с гиппокампом играет лобная кора. В ней можно выделить три группы нейронов: одни реагируют на действующий сигнал, другие сохраняют его след до того





момента, когда необходимо дать поведенческий ответ, и, наконец, третьи включают ответную реакцию. Нейроны разряжаются последовательно и как бы передают эстафету от одной группы к другой. Можно заключить, что «память души», та самая, которую писатель Д. Гранин сравнил с прочитанной книгой, которую можно листать, останавливаясь на нужной странице, обеспечивается взаимодействием лобной коры и гиппокампа.

Сознание тесно связано с вниманием: осознается только то, на что обращается внимание. Наши исследования показали, что память играет важную роль в механизмах избирательного восприятия словесных сигналов, когда человек должен реагировать лишь на определенные слова, выделяя их из массы других. Такая ситуация возникает, например, когда человек читает книгу при включенном радио. Сложность заключается в том, что слово всегда имеет определенную значимость, несет смысловую нагрузку. В нашей работе использовалась запись ВП мозга на слова, одновременно появлявшиеся на экране монитора и звучавшие через компьютерные колонки. Задача испытуемого состояла в том, чтобы запомнить как можно больше слов, поступавших по одному из каналов, игнорируя другие. В следующей серии экспериментов нужно было определить, означает слово абстрактное или конкретное понятие. Как уже говорилось, запоминание и извлечение из памяти вербальной информации имеет определенное электрофизиологическое выражение в «когнитивных» компонентах ВП с латентностью от 400 до 700 мс. Было установлено, что ВП на значимый раздражитель характеризовался позитивным сдвигом, в то время как в ответ

на игнорируемый сигнал имел место негативный сдвиг потенциала, то есть сдвиг, обратный по полярности тому, который возникает при запоминании, что свидетельствует об активном торможении процессов запоминания (врез вверху). Судя по всему, избирательность внимания обеспечивается за счет того, что хотя ненужная информация и воспринимается (так как сохранены компоненты ВП, ответственные за данный процесс; человек также может узнать это слово, если ему показать список слов, которые он должен был проигнорировать), но затем передача сведений на структуры гиппокампа блокируется. Преимущество такой организации вербального внимания в том, что человек может отреагировать на неожиданный сигнал, если потребует изменившаяся ситуация (в нашем примере — важное сообщение по радио). В обычных же условиях лишняя информация просто не сохраняется в сознании.

Таким образом, мысль о важной роли памяти в возникновении субъективного опыта получает в исследованиях внимания дополнительное подтверждение. Полученные результаты дают основание с новых позиций подойти к пониманию природы некоторых детских и старческих болезней. К первым относится синдром двигательной гиперактивности и дефицита внимания у детей школьного возраста, ко вторым — нарушения памяти при болезни Альцгеймера и церебральном атеросклерозе. Можно предположить, что в последнем случае, особенно на ранних этапах болезни, ослаблена не только память, но и способность сосредоточивать внимание на нужной информации. В таком случае для борьбы с заболеванием может быть рекомендован новый

класс лекарственных средств. Дело в том, что отделы мозга, регулирующие внимание, и структуры, ответственные за память, используют различные медиаторы. В первом случае это дофамин, во втором — ацетилхолин и глутамат. Имеющиеся клинические наблюдения указывают на перспективность данного подхода.

Подведем итог представлениям о наиболее вероятных механизмах сознания. Фундаментальным принципом является возврат возбуждения к местам первоначальных проекций, что обеспечивает информационный синтез; в формировании абстрактных представлений и речи большую роль играет лобная кора; медио-базальные отделы височной области полушарий важны для поддержания декларативной памяти и обеспечения процессов избирательного внимания. Сопоставление вновь поступившей информации с прошлыми переживаниями определяет содержание сознания как постоянную корректировку личного опыта и того, что можно назвать чувством внутреннего «я». В основе сознания лежит идея обновления, придающего жизни ее высший смысл и определяющего постоянное стремление человека к новизне.

### Сознание и искусственный интеллект

В заключение несколько слов еще об одной проблеме, которая в последнее время привлекает все больше внимания, — сравнения живого мозга с искусственным интеллектом. Остановимся на том аспекте проблемы, который в наибольшей степени связан с сознанием. По мнению известного английского математика и физика Р. Пенроуза, сознание не может быть сведено к вычислениям, т.к. живой мозг отличается от компьютера тем, что обладает способностью к пониманию. На вопрос, что такое понимание и каковы его мозговые механизмы, ответ должен дать физиолог. Представляется, что понимание возникает в результате того, что, как уже говорилось, вновь поступившая информация все время сравнивается в мозге с накопленным опытом, с тем, что хранится в памяти в результате обучения. Важно, что в информационном синтезе весьма существенную роль играет мотивационная составляющая. Благодаря этому внешний стимул соотносится с прошлыми действиями субъекта и удовлетворением определенной потребности. Понимание, таким образом, имеет глубокий жизненный, приспособительный смысл. Оно свойственно не только человеку, но и животным. Животное может научиться производить определенные действия, чтобы удовлетворить ту или

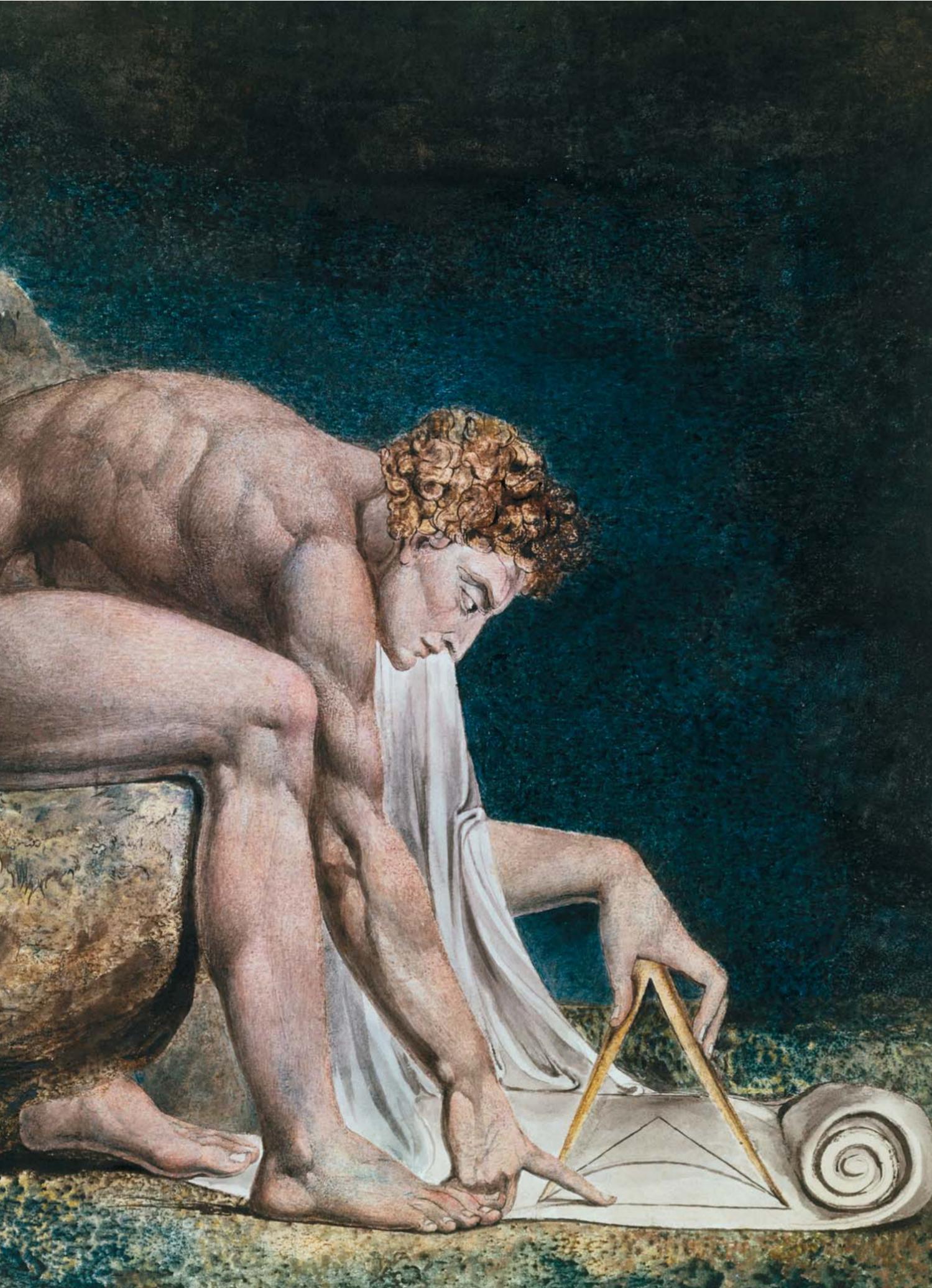
иную потребность, то есть начинает понимать связь внешних событий, своего поведения и достижения желаемого результата. На этом же основана и дрессировка: чтобы научить собаку выполнять, то есть понимать, определенные команды, дрессировщик использует подкрепление в виде пищи или наказания. По существу все это изначально относится и к человеку начиная с раннего детства. Так, приобретая жизненный опыт, ребенок начинает понимать, «что такое хорошо и что такое плохо». Хороший ученик получает высокие оценки, хороший работник имеет более высокую зарплату, а нерадивого работника штрафуют, герой получает награду, а преступника сажают в тюрьму, чтобы он понял, что нельзя нарушать закон. Практически все поведение основано на тех же принципах.

Для обоснования своих взглядов Р. Пенроуз использует теорему Геделя о том, что нельзя доказать вычислением правильность основных действий арифметики, например, что  $1+1=2$ . Но живое существо в этом убеждается, когда получает два банана, двух врагов или двух жен, добавляя в результате тех или иных действий к первому объекту (или субъекту) второй. Таким образом, понимание сущности удвоения (или сложения вообще) возникает в эволюции раньше, чем умение считать. Описан, например, случай, когда коренной житель севера не знал, сколько у него оленей, но легко мог описать каждого по признакам. Ребенок также может перебрать в памяти всех окружающих его людей или свои игрушки, хотя еще не знает счета. Может быть, это покажется парадоксальным, но понимание как в эволюции, так и в процессе индивидуального развития предшествует вычислению. Дело в том, что вычисление основано на абстракции, а это функция более совершенного мозга. Приспособительный эффект достигается, когда эти сложные функции, такие как способность к абстракции, сочетаются с более простыми.

Сознание человека — результат долгой эволюции. По мере совершенствования высших функций мозга становилось более полным и понимание, основанное на фундаментальных принципах его работы.

Сказанное выше, конечно, это далеко не полная картина. Мы еще многое не знаем о работе мозга и особенно о том, что лежит в основе его высших функций и человеческого сознания. Тем не менее прогресс в этой области в последние годы достаточно очевиден, и наука о мозге постепенно приближается к раскрытию этой тайны природы. ■

(В мире науки, № 11, 2005)



# УСПЕХИ КОГНИТИВНЫХ НАУК

Борис Величковский

Технологии, внимательные к вниманию человека

**К**ак восприятие и зрительная память влияют на взаимодействие человека и современных технических устройств? Как люди, опираясь на ограниченные ресурсы своего внимания, воспринимают и познают бесконечно сложный и постоянно меняющийся окружающий мир?

## Зрительная память, узнавание и интерфейс

Компьютерная революция последних 15 лет, сделавшая возможным массовое использование информационных технологий, была обусловлена открытиями в области когнитивной психологии конца 70-х — начала 80-х гг. XX в. Тогда в ходе лабораторных исследований зрительной памяти человека было экспериментально установлено, что, в отличие от памяти на последовательности слов и цепочки абстрактных символов, зрительная память практически ничем не ограничена. Наглядным примером стал один из первых экспериментов, проведенный в 1977 г. на факультете психологии МГУ. Испытуемым, которые сразу после предъявления им последовательности из 7–8 цифр с трудом могли ее воспроизвести, демонстрировали несколько тысяч цветных видовых слайдов, а неделю или месяц спустя они успешно узнавали свыше 90% изображений.

Феноменально точное узнавание изображений легло в основу совершенно новых принципов взаимодействия человека и технических устройств. Сегодня трудно поверить, что лет 25 назад вычислительными приборами пользовались только специалисты, введившие в компьютер соответствующие слова-команды в машинном коде. В наши дни работу на компьютере легко осваивают в игровом варианте даже маленькие дети. Однако сейчас мы все чаще сталкиваемся с ситуациями, когда привычные пользовательские графические интерфейсы оказываются недостаточными для оптимального взаимодействия человека и технических систем. Так, тенденция к уменьшению размеров различных устройств приводит к тому, что

на их экранах становится крайне трудно разместить графическую информацию. Существуют критические размеры для таких экранов, скажем, 5–10 см, что слишком мало для отображения даже редуцированного графического интерфейса, а значит, и работы в Интернете или использования современного текстового редактора.

Кроме того, человеко-машинные интерфейсы пока еще совершенно аутичны — они не учитывают знаний, ситуативных намерений и состояний человека, функционируя по однажды заложенной в них жесткой программе. Соответственно, негибкими оказываются и формы взаимодействия человека с автоматическими системами. Следствием подобного отсутствия взаимопонимания становятся подчас трагические события. Так, несколько лет назад в аэропорту Варшавы при заходе на посадку потерпел аварию немецкий пассажирский самолет. Причиной катастрофы стала, в частности, различная интерпретация пилотом и бортовым компьютером понятия «посадка»: поскольку самолет садился при сильном боковом ветре, пилот несколько накренил машину в сторону ветра, прикоснувшись к посадочной полосе левой группой колес. Когда он затем попытался погасить скорость, бортовой компьютер заявил: «Операция невозможна — мы находимся в воздухе». В дальнейшем расследование показало, что бортовая автоматическая система управления полетом (*Flight Management System*) интерпретировала посадку иначе, чем когнитивная система пилота, а именно как одновременное касание поверхности земли левой и правой группой колес!

## Координация ресурсов внимания

Лет 10 назад исследователи приступили к поиску альтернативы графическому взаимодействию человека и компьютера, основанной на более глубоком изучении принципов коммуникации и процессов внимания. Как известно, одним из основных условий развития речи

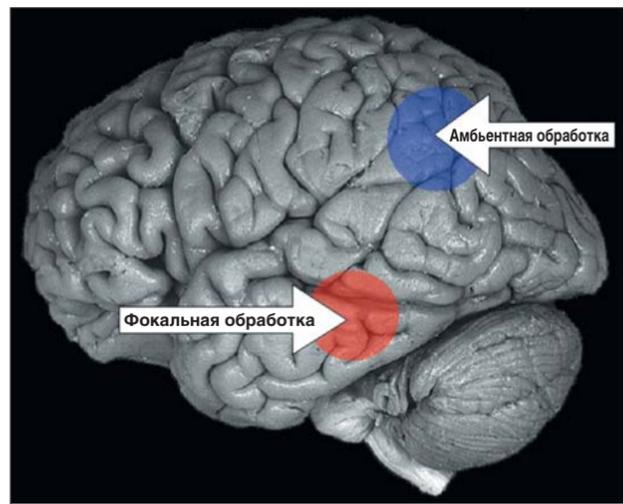


Рис. 1. Области коры больших полушарий, ответственные за амбьентную и фокальную обработку информации.

и становления интеллекта у ребенка служит его взаимодействие с матерью, необходимое прежде всего для координации ресурсов внимания, овладения и управления ими. Все формы практического взаимодействия людей имеют первоначально невербальную основу и связаны с восприятием ситуации «здесь и сейчас». Например, типичный диалог механиков, ремонтирующих автомобиль, не только далек от норм литературного языка, но и постоянно нарушает правила элементарной грамматики. В нем повторяются профессиональные жаргонизмы, он изобилует междометиями и словами-паразитами, в предложениях, которые может начинать один человек, а продолжать другой, часто отсутствуют подлежащее или сказуемое и т.д. Однако все это не мешает взаимопониманию, т.к. в основе совместной работы лежит координация ресурсов внимания. Она вырабатывается еще в первые месяцы жизни человека и основана прежде всего на учете направления взгляда партнера. Еще более сложная задача — совместная работа на расстоянии. Допустим, тем же механикам — эксперту и новичку — предстоит отремонтировать авиационный двигатель, но они находятся в разных городах. Ясно, что одних только телефонных переговоров для успешного решения этой задачи будет недостаточно, поскольку требуется не только передать вербальную информацию, но и указать, какой предметный референт имеется в виду в данный момент. Для этого необходимо, во-первых, создать некое единое пространство (например, при помощи Интернета), т.е. дать возможность механикам видеть одну и ту же рабочую обстановку, правда, в одном

случае она будет реальной, а в другом — виртуальной. Вторым важнейшим условием является поддержание состояния совместного внимания, которое может достигаться высвечиванием локуса внимания каждого из партнеров в рабочем пространстве. Иными словами, системы взаимодействия между человеком и техническими средствами должны научиться распознавать и учитывать психофизиологические характеристики человека, формы его внимания и направленность интересов на данном отрезке времени. Когда эти элементы игнорируются, даже новейшие достижения современной технической мысли оказываются бессильными. Примером могут служить видеоконференции, используемые транснациональными корпорациями для проведения оперативных совещаний сотрудников, работающих в разных частях света. Характерная для графических интерфейсов технология «окон» не дает возможности отслеживать социальную динамику общения, кроме того, «говорящие головы» практически не могут взаимодействовать.

### Эволюционные формы и уровни внимания

Что же такое внимание с точки зрения когнитивных исследований? В классической психологии внимание определяется как состояние моноидеизма сознания, когда некая идея полностью овладевает человеком и определяет его действия. Кроме координации ресурсов внимания существуют другие способы управления вниманием, основанные на привлечении или захвате внимания, позволяющем манипулировать человеком. Такими приемами пользуются фокусники, специалисты по рекламе, продавцы и... мелкие жулики. Для этого в процесс взаимодействия вводится какой-либо движущийся объект (так действуют наперсточники) или человек вовлекается в процесс коммуникации (всевозможные уличные лотереи). Внимание может привлекаться внешними раздражителями, что говорит о наличии в человеческом сознании механизмов, автоматически реагирующих на движение, перепады света и тени, смену цветов и звуков. Интенсивное внимание может, однако, иметь и совершенно иные проявления, например, когда мы перестаем замечать окружающее, погружившись в решение важной научной или житейской проблемы.

На разных этапах эволюционного развития превалировал тот или иной тип внимания. Наиболее примитивной формой считается амбьентное

(пространственное) внимание, которое, как известно из палеоневрологии, впервые возникло у древнейших рептилий, динозавров, и связано с локализацией объектов в пространстве. Оно работает в динамических условиях: чем больше движущихся объектов, тем больше вероятность того, что будет доминировать именно эта форма внимания. Соответствующие механизмы с близкими функциями сохранились и у *Homo sapiens*. Возьмем, к примеру, спорт. При игре в теннис игрок мгновенно реагирует на мяч, движущийся со скоростью порядка 200 км/ч (т.е. около 60 м/сек.), причем делается это именно благодаря возможностям связанного с глобальной пространственной ориентацией и локализацией объектов амбьентного внимания. Однако, действуя автоматически, теннисист вряд ли сможет что-нибудь сказать о характеристиках мяча, т.к. он не идентифицируется, а воспринимается как нечто движущееся. В этом и заключается секрет столь быстрой реакции, которая сопоставима со скоростью реакции насекомых. Напрашивается вывод, что в организме человека есть потенциал восприятия, заложенный еще на заре эволюции.

На более поздних этапах развития возникло так называемое фокальное (предметное) внимание, связанное с идентификацией отдельных предметов, что предполагает использование памяти и постепенно вовлекает более сложные формы социального познания. В конечном счете происходит формирование высшей формы внимания, чувствительной к вниманию другого человека (нечто подобное наблюдается у наших ближайших филогенетических «родственников» — шимпанзе подвида *Pan Paniscus*). Основное значение при этом имеет направление линии взгляда. Не случайно в кинематографе, например, есть такой прием: для того чтобы дать зрителю возможность выделить человека из толпы, все актеры должны смотреть мимо камеры, а герой — прямо в нее. И тогда наше внимание автоматически выделяет его среди множества статистов. Нечувствительность к вниманию другого и неспособность к столь естественному и очень важному для общения контакту «глаза в глаза», кстати, является одним из клинических симптомов аутизма (это тяжелое расстройство социального интеллекта получило широкую известность после фильма Дастина Хоффмана «Человек дождя»).

Следует подчеркнуть, что за каждую форму внимания отвечает своя группа мозговых механизмов. Так, амбьентное внимание связано с подкорковыми структурами и заднетеменной частью

коры, а фокальное — с ее нижневисочными и лобными областями (рис. 1). Современные нейрорепсихологические исследования показывают, что в височных долях мозга находятся нейроны, воспринимающие направление взгляда другого человека. Это проявляется уже в конце первого месяца жизни, когда младенца начинают привлекать в лицах окружающих прежде всего глаза. При этом для ребенка сначала не имеет значения, сколько глаз у находящегося рядом существа и как они расположены — это доказали эксперименты, проводившиеся с муляжами деформированных лиц. Таким образом, глаза являются как бы безусловным врожденным раздражителем, который в первую очередь выделяется и идентифицируется филогенетически новой подсистемой нашего фокального внимания.

Однако локализация объектов происходит значительно быстрее, чем их идентификация, т.е. амбьентное внимание функционирует значительно быстрее, чем фокальное. Так, если для того чтобы локализовать движущийся объект, мозгу требуется менее 1/10 сек., то для простейшей идентификации и семантической классификации необходимо как минимум 1/4 секунды. Различить фазы амбьентной и фокальной обработки информации можно на основании объективных признаков в характеристиках движений глаз. Это, в частности, позволило современной психологии с помощью приборов наглядно показать, как конкретный человек воспринимает увиденное. Дело в том, что одно и то же изображение

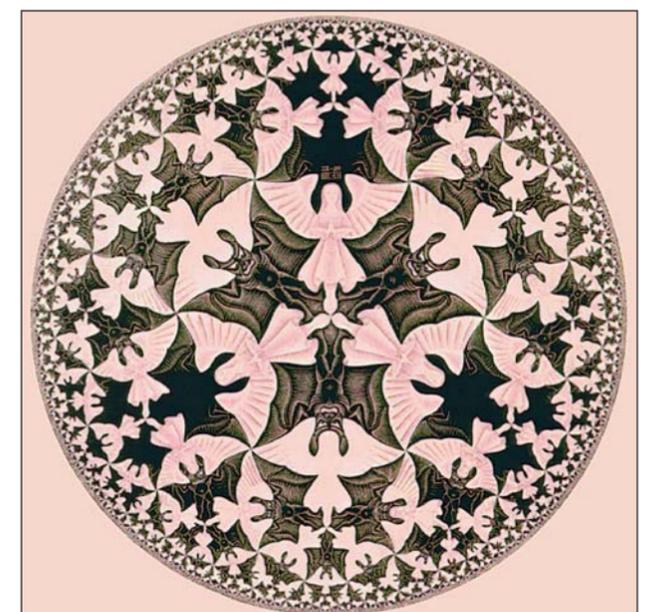


Рис. 2. «Граница круга IV» Морица Эшера.

может восприниматься десятками различных способов, что создает ряд диагностических проблем в медицине. Кроме того, учет параметров движений глаз, характерных для амьбентной и фокальной обработки информации, важен для повышения безопасности транспорта.

### Скрытый «фактор-убийца»

Было бы ошибкой считать, что наличие двух механизмов, определяющих различные формы внимания, представляет лишь академический интерес. С этим связаны чрезвычайно важные явления, от которых в буквальном смысле зависят жизнь и смерть сотен тысяч людей. Так, на дорогах развитых государств ежегодно гибнут столько же людей, сколько в самых кровопролитных войнах. Очень важную роль при этом играет уровень освещенности: в сумерках жертв автокатастроф в четыре раза больше, чем при дневном свете. Однако ни одними правилами дорожного движения не предписывается сбрасывать скорость при снижении уровня освещенности.

Дело в том, что снижение уровня освещенности, стремительно ухудшая работу фокальной системы, практически не сказывается на возможностях амьбентного зрения. Поскольку именно последнее отвечает за сенсорно-моторную координацию и ориентацию в пространстве, у человека совершенно не возникает ощущения, что в сумерках функциональные возможности управления автомобилем снижаются. Однако идентификация объектов при этом резко затрудняется, не случайно свыше 25% водителей, совершивших в сумерках наезд на пешехода, утверждают, что на дороге вообще никого не было. Несколько меньшую роль в подобных ситуациях играют два других фактора: утомление водителя и лучшая

адаптация к освещению пешехода по сравнению с водителем. Итак, существование двух форм внимания и зрительной обработки информации оказывается, как отметил еще в 80-х годах прошлого века известный американский исследователь зрительного восприятия Гершель Лейбовиц, настоящим «фактором-убийцей», и задача состоит в объективном и оперативном отслеживании переходов от фокального к амьбентному восприятию ситуации и обратно. Осуществить это можно либо анализируя работу мозга, либо регистрируя движения глаз — например, признаком амьбентного внимания являются высокоамплитудные саккады зрачка (исключительно быстрые баллистические скачки), сопровождаемые относительно непродолжительными зрительными фиксациями. Второе решение, значительно более технологичное, может быть реализовано уже сегодня и находит целый ряд самых неожиданных применений.

### Интерпретация сложных образов и ландшафты внимания

В современной науке и практике все большее значение приобретает интерпретация сложных изображений. Так, методы магнитно-резонансной диагностики в медицине связаны с системами обработки информации, т.е. с интерпретацией наблюдаемых явлений как аппаратурой, так и врачом. Можно сказать, что к сложным физическим алгоритмам построения изображения добавляются малоизученные нейрофизиологические процессы его восприятия и интерпретации. При этом в медицинской радиологии до сих пор допускается большое количество ошибок. На основе одной и той же информации специалисты зачастую приходят к неодинаковым выводам,

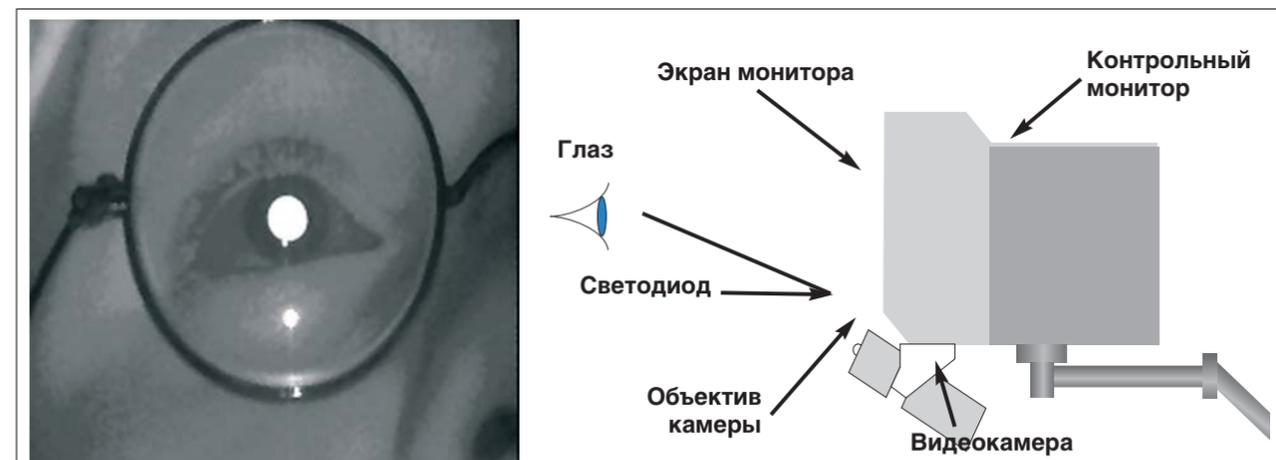


Рис. 3. Бесконтактный метод исследования движений глаз (слева — зрачки испытуемого в инфракрасном освещении).



Рис. 4. «Хлопковая биржа в Новом Орлеане» Эдгара Дега (Институт психологии Дрезденского университета).

по-разному воспринимая и интерпретируя сложный зрительный образ. Казалось бы, нет никакой возможности определить, как именно они это делают. Проблемы восприятия можно проиллюстрировать с помощью одной из известных в истории изобразительного искусства «многозначных» картин (рис. 2). На одном и том же рисунке один увидит ангелов, а другой чертей, и до сих пор это было сугубо личным делом каждого человека.

С выявлением различных форм зрительного внимания и их коррелятов в движениях глаз наблюдателя ситуация изменилась. Радикально усовершенствовались и методы регистрации движений глаз, которая может осуществляться сегодня бесконтактно, быстро и точно (рис. 3). Сам принцип заимствован из военных технологий, где он используется, например, для автономного наведения крылатых ракет на заданную цель. С помощью таких методов не составляет большого труда реконструировать динамику распределения различных форм внимания по поверхности изображения. Такие (трехмерные или, в случае объемных пространственных сцен, четырехмерные) распределения получили названия «ландшафтов внимания» (Velichkovsky, Pomplun&Rieser, 1996). Их можно использовать в качестве математических фильтров, отсекающих лишнюю информацию и подчеркивающих отличительные черты того, что на самом деле увидел в данном случае тот или иной человек.

Чтобы пояснить сказанное, рассмотрим два различных приема фильтрации сложных образов с целью реконструкции особенностей их субъективного восприятия. На рис. 4 и 5 показаны две известные картины (А) и их преобразования в терминах распределения амьбентного (В) и фокального (С) внимания. При этом в одном случае фильтрация используется для высветления, а в другом, напротив, для затемнения оказавшихся иррелевантными с точки зрения соответствующих мозговых механизмов частей картины.

Можно осуществить и иные подходы к представлению подобных результатов (например, фильтровать изображение в терминах пространственных частот так, чтобы менялось разрешение деталей). Но в обоих случаях сохраняется общая стратегия обработки сложных изображений — метод ландшафтов внимания, ориентированный на динамику и характер внимания.

Интересно сравнить особенности восприятия и интерпретации одной и той же картины структурами амьбентного и фокального внимания. Первое из них как бы распределено в пространстве, выделяет скорее оптическую «массу» групп объектов, чем отдельные осмысленные и узнаваемые элементы. Иначе обстоит дело с зонами фокального внимания. Более того, хорошо видно, что наше фокальное внимание прежде всего отслеживает аналогичное внимание других людей. Так, на картине Яна Стена это в основном коммуникативные контакты «глаза в глаза», а у Дега — предметное и предметно-манипулятивное внимание (к газете и к растираемым пальцами волокнам хлопка).

Вернемся, однако, к перспективам объективизации процессов восприятия и интерпретации сложных изображений в медицине. Учитывая важность правильной диагностики, в сложных случаях врачу сегодня уже недостаточно поставить диагноз, ему приходится доказывать свою правоту. «Внимательные к вниманию» технологии помогут ему выяснить, что именно он увидел, например, на рентгеновском снимке, который другие специалисты могут интерпретировать совсем иначе. В таком случае о восприятии сложного изображения, а значит, и о диагнозе можно будет аргументированно спорить. Можно представить себе даже появление своего рода базы данных с информацией о характере восприятия медицинских сведений, к которой в случае необходимости можно будет обращаться для проверки обоснованности спорных диагностических выводов.



Рис. 5. «Сумасшедший мир» голландского художника Яна Стена с вариантами амьбентного и фокального восприятия (Институт психологии Дрезденского университета).

### Внимание человека и технические системы

Изучение особенностей внимания человека постепенно перемещается в центр междисциплинарных исследований. Создаются первые системы, способные предугадать намерения и локализовать фокус внимания человека. В ряде научно-исследовательских центров сегодня разрабатываются концепции и системы, с одной стороны, включающие виртуальную реальность, а с другой, позволяющие эксплицировать направленность внимания участников обсуждения. Оценка направленности внимания осуществляется пока в достаточно примитивной форме — путем отслеживания поворотов головы.

Дальнейшее развитие информационных технологий, вероятно, будет связано не только с передачей вербальной и графической информации, как в современном Интернете, но и будет основано на локализации фокуса внимания, причем делаться это будет за сотые доли секунды. Например, как можно задействовать автоматические системы для помощи человеку, управляющему машиной или самолетом, при необходимости срочно принять решение? Уже разработаны и практически используются первые технические устройства, учитывающие возможности человека в динамически меняющейся обстановке. Так, на американских штурмовиках палубного базирования установлены системы предотвращения опасного сближения с землей (GCAS — *Ground Collision Avoidance Systems*), постоянно фиксирующие изменения рельефа местности, определяющие параметры движения самолета и учитывающие время, которое необходимо летчику, чтобы среагировать. Если на каком-то вираже возникает реальная опасность столкновения с землей, то система берет управление полетом самолета на себя и резко уводит самолет вверх. Конечно, это пример довольно жесткой

формы взаимодействия человека и машины, но в ближайшие 20 лет технологии усовершенствуются. Уже существуют сенсорные датчики, позволяющие оценивать складывающуюся на дороге ситуацию с точки зрения ее потенциальной опасности. Если возникают посторонние объекты или пешеход начинает неожиданно перебежать дорогу перед автомобилем, соответствующие технические детекторные системы компьютерного зрения это зафиксируют. Что делать дальше с этой информацией? Должны ли технические системы менять направление движения автомобиля или останавливать его? Каждому известно, что нет ничего хуже, чем если кто-то начинает без серьезного повода вмешиваться в ваши действия! Поэтому системы технического зрения и интеллектуальной поддержки водителя должны не только воспринимать окружающую обстановку, но и оценивать восприятие и возможные реакции самого водителя. Если опасность зафиксирована, но одновременно поступила информация, что сам водитель также увидел и верно оценил угрозу, то компьютеру лучше не вмешиваться в процесс управления. Но если датчики отметили, что внимание человека не было сфокусировано на опасной ситуации (что оно было амьбентным, а не фокальным), то система должна либо предупредить его, либо остановить автомобиль.

Несколько лет назад одна из ведущих немецких фирм создала устройство, не позволяющее водителю приближаться на опасное расстояние к автомобилю, идущему впереди. Компьютерная система учитывает сцепление колес с дорожным покрытием, видимость, скорость и устанавливает безопасную дистанцию, при этом педаль акселератора градуально становится более жесткой. Но в ряде ситуаций, например, когда водитель хочет совершить обгон, систему приходится временно отключать. При этом оказалось, что, однажды

отключив систему, водитель почему-то не спешит включить ее снова. Исследователи начали поиски психологического решения возникшей проблемы. Задача состоит в том, чтобы навигационная система автомобиля могла регистрировать движение глаз и определять (не требуя от человека эксплицитных решений), как действовать в его интересах в той или иной ситуации: например, отключаться, как только возникает намерение обогнать, и включаться, как только водитель вновь возвращается в поток движения. Конечно, трудно пока прогнозировать, как такая система будет справляться с ситуациями на улицах Москвы или Рима, где обгон осуществляется и слева, и справа, но в условиях упорядоченного немецкого движения она работает.

Тот же подход, использующий локализацию фокуса внимания и особенности движений глаз, может быть применен и в процессе обучения. Допустим, человек читает некий текст на иностранном языке, который знает хотя и сносно, но не в совершенстве. На основе психологических методов можно объективно определить, какие слова ему незнакомы. Вместо того чтобы вновь и вновь обращаться к словарю, как это делалось в течение столетий, адаптивный интерфейс автоматически фиксирует затруднения на основании характерного для таких затруднений режима движений глаз и ненавязчиво подскажет на родном для читающего (или на любом заданном) языке нужное слово. Причем, что существенно, делается это только тогда, когда человеку реально нужна помощь, и, кстати, без какого-либо эксплицитного запроса с его стороны. Поэтому данные виды интерфейсов иногда называют некомандными, т.е. не требующими использования эксплицитных команд. И в этом, конечно, состоит большая разница между возникающими сегодня технологиями будущего и очень примитивными прошлыми достижениями в этой области.

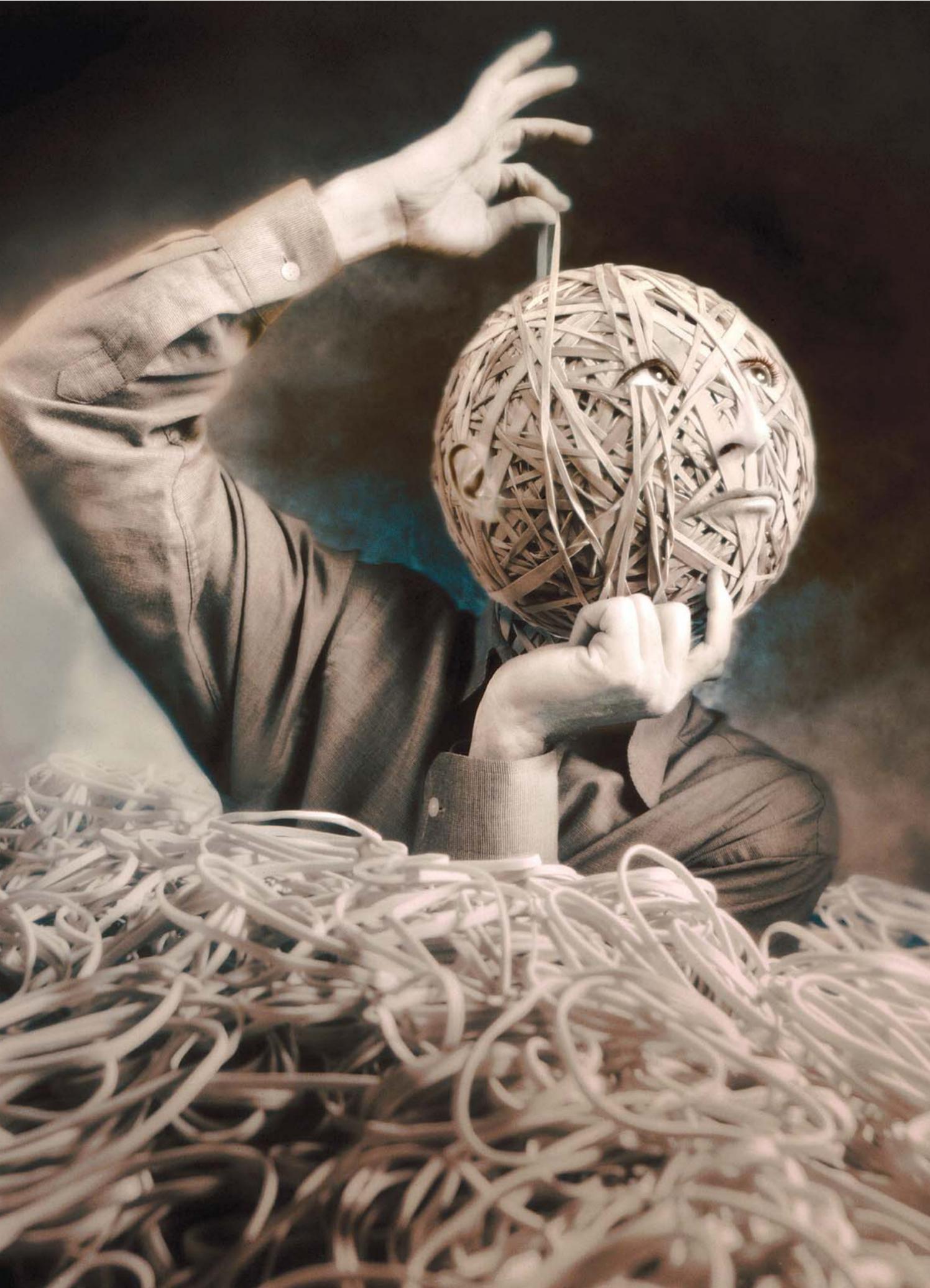
### Заглянуть в будущее: перспективы когнитивной науки

В основе технологий, базирующихся на локализации фокуса внимания, лежит глубокое понимание фундаментальных процессов обработки информации, управления вниманием и того, как эти процессы реализуются нашим мозгом. Печально, что в массовом сознании российской общественности психология все еще остается спекулятивной паранаучной дисциплиной, занимающейся чем-то вроде толкования сновидений и гадания на кофейной гуще. На самом деле

в данной статье затронута лишь малая часть революционных изменений в практическом применении психологических и нейропсихологических знаний, которые прошли научную верификацию в рамках междисциплинарного подхода, получившего во всем мире название когнитивная наука.

Некогда, в классический период отечественной психологии, когнитивные исследования в СССР находились на высоком уровне. Затем наметилось отставание. Чтобы восстановить утраченные позиции и создать совместный форум для представителей разных наук, исследующих познание и его эволюцию, интеллект, мышление, восприятие, сознание, представление и приобретение знаний, язык как средство познания и коммуникации, мозговые механизмы познания, эмоций и сложных форм поведения, в октябре 2004 г. запланировано проведение Первой российской конференции по когнитивной науке. К участию приглашаются психологи, лингвисты, нейрофизиологи, специалисты по искусственному интеллекту, нейроинформатике и компьютерной науке, философы, антропологи и другие ученые, интересующиеся подобными исследованиями. Когнитивная наука — одно из ведущих направлений прикладных и фундаментальных исследований XXI в., и создание подобного форума, безусловно, необходимо и закономерно, особенно в нашей стране, где работали Л.С. Выготский и А.Р. Лурия — предтечи когнитивной науки. В скором времени в области основанных на когнитивных возможностях человека технологий произойдут разительные перемены: будет развиваться речевое взаимодействие с техническими устройствами; привычные компьютеры изменятся до неузнаваемости; интерфейсы станут трехмерными (голографическими), и в любом месте пространства люди смогут, манипулируя виртуальными объектами, получить доступ к накопленным человечеством знаниям и умениям. Но самое главное — человек научится лучше использовать ресурсы своего внимания вкупе с вычислительным потенциалом микропроцессоров новых поколений, что создаст условия для принципиально новых возможностей обработки информации. Действия человека и технических устройств, таких как мобильные роботы, будут координироваться примерно так же, как взаимодействуют внимание матери и ребенка. Таким образом, мы выйдем на первую стадию реального симбиоза человека и созданных его разумом технологий. ■

(В мире науки, № 12, 2003)



# АЛХИМИЯ ПАМЯТИ

По материалам беседы с Игорем Матюгиным

Одно из самых удивительных свойств человеческого разума — память.

Эта уникальная способность связана с мышлением, сознанием, восприятием окружающего мира.

Как ее сохранить? Можно ли развивать память?

Какое место она занимает

в жизни человека и педагогическом процессе?

Каковы механизмы запоминания?

**С**читается, что механизмы памяти изучены достаточно хорошо. Но когда речь заходит о ее развитии, неизменно возникает вопрос: какой вид памяти развивать — логическую, образную или эйдетическую? На этот счет у ученых нет единого мнения, поскольку каждый тип памяти обладает своими специфическими особенностями, соотносящимися с теми задачами, которые стоят перед человеком на данном этапе.

## Виды памяти

Существуют разные способы классификации памяти. Выделяют наследственную (филогенетическую, определяющую строение каждого организма в соответствии с эволюцией вида) и индивидуальную. Последняя свойственна каждому отдельному индивиду и формируется на протяжении всей жизни. Собственно, о ней и пойдет речь.

В зависимости от уровня управления мнемоническими процессами выделяют память произвольную и непроизвольную. Первая активизируется, когда человек осознанно стремится запомнить и воспроизвести тот или иной материал. Непроизвольная же память включается автоматически и фиксирует то, что в данный момент не является объектом внимания и целью деятельности.

С памятью иногда происходят довольно странные вещи. В медицинской практике известны случаи, когда люди, побывавшие на краю гибели, рассказывали, что перед их мысленным взором пронеслась вся жизнь. Классический пример, который приводится практически во всех учебниках: немолодой испанец лежал с очень высокой температурой и неожиданно заговорил на очень редком диалекте, которого знать не мог. Позже выяснилось, что первый год жизни он провел в той области страны, где говорили именно на этом языке. Не меньшую загадку представляют собой больные

эпилепсией: когда им вживляли электроды, они неожиданно очень ярко вспоминали свое детство.

По продолжительности закрепления и сохранения информации процессы памяти подразделяются на три категории: сенсорную (обеспечивающую сохранение большого объема информации, поступающей от органов чувств в течение 1–4 секунд), кратковременную (обслуживающую оперативные процессы запечатления, удержания и преобразования данных, поступающих от органов чувств и длящуюся несколько минут) и долговременную (длительное сохранение информации).

Кратковременная память работает без какой бы то ни было сознательной установки на запоминание. Человек за один раз, не считая, может охватить взором до семи предметов. Психологи, в том числе и Дж. Миллер, доказали, что объем кратковременной памяти человека составляет 7±2 элемента и определяется по числу единиц информации, которое мы в состоянии точно воспроизвести спустя несколько десятков секунд после однократного предъявления.

Долговременная память (ДП) обеспечивает продолжительное сохранение знаний, умений и навыков и содержит огромный объем информации, которая может понадобиться человеку на протяжении его жизни. Экспериментальные данные показывают, что в ДП одновременно задействованы несколько форм организации знаний. Ее нередко сравнивают с книгохранилищем огромной библиотеки, где правильно выбранный код каталога открывает доступ к фолиантам. Считается, что объем долговременной памяти практически не ограничен.

С точки зрения модальности (в зависимости от того, какие органы чувств воспринимают сигналы, поступающие из внешней и внутренней среды организма) выделяют следующие виды

памяти: зрительную, слуховую, тактильную (ощущения от прикосновения), двигательную (или моторную), обонятельную, вкусовую и др.

Двигательная память проявляется в запоминании и воспроизведении движений и их последовательности. Она лежит в основе многих профессиональных навыков, которые постепенно становятся автоматическими, т.е. осуществляются без привлечения внимания и сознания. Люди с развитой двигательной памятью лучше усваивают материал не на слух или при чтении, а при переписывании текста. Это один из способов выработки грамотности.

Однако эти типы памяти в чистом виде встречаются редко. Обычно наблюдаются смешанные варианты — зрительно-двигательный, двигательно-слуховой и зрительно-слуховой. Большинству людей свойствен зрительный тип восприятия предметов и словесно-двигательный — при запоминании текстового материала.

### Эмоции и образы

Раньше считалось, что человек помнит только самое важное — логически обработанную информацию, но оказалось, что в памяти может всплыть и непроизвольно запечатлевшаяся информация, образы и события, которые не воспринимались как нечто важное и не являлись целью деятельности. При определенных усилиях или стечениях обстоятельств можно вспомнить самые неожиданные вещи: утраченные с течением лет детские впечатления, запахи, голоса, чувство вины, обиды и т.д. Очень известный литературный пример: вкус пирожного «Мадлен» вызывает у героя М. Пруста целый каскад воспоминаний детства.

Эмоциональная память, сохраняющая ощущения, чувства, эмоциональную окраску событий, и определяет способность человека вновь пережить, казалось бы, канувшие в лету ситуации. Она формируется очень быстро, порой с первого раза, и не требует многократного повторения.

Образная память также не оформлена в слова и состоит из представлений и образов (зрительных, слуховых, осязательных, обонятельных, вкусовых). Она, как правило, хорошо развита у детей и людей творческих профессий. Ее разновидностью считается эйдетическая память, правильное использование которой лежит в основе хорошего запоминания.

### Эйдетическая память

Человеческая память включает процессы запоминания, сохранения, узнавания или воспроизведения информации, она связывает прошлое

и настоящее человека, формирует его личность, причем существенное влияние имеют факторы и мотивации личного характера.

В 1930-е гг. эйдетическую память в России исследовали Л.С. Выготский и А.Р. Лурия. Они ввели термин «эйдетизм» (от греч. *eidos* — образ), которым обозначали разновидность образной памяти, способность воспроизводить яркие картины предметов и явлений по прекращении их непосредственного воздействия на органы чувств. По мнению ученых, такая система восприятия событий, людей, объектов и любых данных (слов, цифр и т.д.) неизмеримо расширяет возможности человека.

Эйдетик не вспоминает, а как бы продолжает видеть то, что уже исчезло из поля зрения. Картины, возникающие перед его мысленным взором, столь отчетливы, что он может переводить взгляд с одной детали на другую. Он может продолжать видеть предъявленные ему ряды слов, знаков, цифр или превращать диктуемые ему данные в зрительные образы. То же касается и музыки, которую человек как бы продолжает слышать.

Нередко цифры или звуки порождают ассоциации со светом, цветом, вкусом или прикосновением (синестезия). Такой особенностью обладал композитор А. Скрябин, у которого наблюдалось комплексное восприятие дополнительной информации, обеспечивающее точность запоминания. (О синестезии см.: Рамачандран В., и Хаббард Э. *Звучащие краски и кусные прикосновения*. С.107).

Многие техники, направленные на развитие памяти, опираются на приемы запоминания, свойственные людям с эйдетической памятью.

### Феноменальная память

Известный математик и кибернетик Д. Нейман подсчитал, что человеческий мозг может вместить примерно 1020 единиц информации, т.е. каждый из нас в состоянии запомнить все сведения, содержащиеся в миллионах томов книг. История знает немало людей, обладающих феноменальной памятью. Великий русский полководец А.В. Суворов, как утверждают современники, помнил всех своих солдат в лицо. Академик А.Ф. Иоффе по памяти пользовался таблицей логарифмов. В истории музыки известен уникальный случай. Однажды четырнадцатилетний Моцарт на службе в соборе Святого Петра в Риме слушал большое произведение для двух хоров «Мизерере», партитура которого хранилась в секрете. Он запомнил его, а дома записал музыку, не сделав ни единой ошибки. Подобная память была у С.В. Рахманинова, Д.Д. Шостаковича.



Чарли Чаплин не мог запомнить даже фамилии своего секретаря, с которым проработал семь лет

Нередко феноменальная память возникает как компенсаторная функция. У людей, лишившихся способности, например, говорить, слышать или видеть, начинает преобладать тот вид памяти, который помогает частично восполнить утрату.

У специалистов обычно развита профессиональная память. Многие врачи, особенно терапевты, помнят пациентов в лицо, а стоматологи узнают больного только после того, как он открывает рот. Уникальной обонятельной и вкусовой памятью обладают дегустаторы, слуховой — музыканты, певцы и композиторы, двигательной — спортсмены, зрительной — художники, режиссеры и шахматисты, которые могут играть «вслепую» со множеством партнеров.

### Интеллект и память

Возможно, память как основа интеллекта наравне с мышлением и воображением играет немаловажную роль в процессе познания внешнего мира. Однако уровень интеллекта не зависит от памяти. Как показывают эксперименты, недалекие и умные люди могут обладать как хорошей, так и плохой памятью.

В фильме Барри Левинсона «Человек дождя» герой Дастина Хоффмана Реймонд Бэббит, страдающий аутизмом, читал телефонный справочник

и запоминал все цифры. Точно так же он удерживал в памяти комбинации карт, когда играл в казино. Байрон знал все свои произведения наизусть, а Чарли Чаплин не мог запомнить даже фамилии своего секретаря, с которым проработал семь лет. Американские ученые добились того, что обезьяна выучила и использовала около 300 слов, в то время как Эллочка-людоедка из «12 стульев» знала 30, а применяла на практике всего 17.

### Белый лист

Школьникам и студентам на экзамене часто кажется, что они ничего не помнят, но стоит им бросить беглый взгляд в собственноручно написанный конспект или шпаргалку, как в памяти восстанавливается весь материал. Личные записи, кстати, — весьма любопытное явление: в них используется определенная система условных знаков, сокращений, подчеркиваний, пиктограмм, рисунков, схем, цветных обозначений, характерная только для данного индивида, которая помогает ему вспомнить материал и рождает соответствующий образ.

Состояние «ступора», когда человеку во время экзаменов или в стрессовой ситуации кажется, что он не в состоянии ничего вспомнить, сродни тому, что актеры и режиссеры называют «белым листом». Артист, выйдя на сцену, на какую-то долю секунды не может вспомнить, в каком спектакле он играет и какой должен произносить текст. Затем свет, музыка, реплика партнера, расположение декораций или что-то иное рождает ассоциацию, и все встает на свои места.

Многим людям свойственна ассоциативная память. Известно, что актриса МХАТа Ольга Книппер-Чехова перед тем как выйти на сцену в роли Раневской в спектакле «Вишневый сад», всегда душилась одними и теми же духами, которые вызывали у нее определенные ассоциации. Таким образом она использовала запахи как обонятельные подсказки. Чтобы легче запомнить текст и мизансцены, каждый актер находит свои индивидуальные приемы, основанные на восприятии света, музыки, запахов, но чаще всего — на зрительных образах. Альберт Филозов неоднократно рассказывал, что учить роли ему помогают воспоминания о пространственном расположении текста на странице. Клара Лучко, вживаясь в роль, ярко представляла все, что будет происходить на сцене, где именно будут стоять ее партнеры, и это позволяло ей запоминать текст и воспроизводить те чувства, которые должна испытывать ее героиня.



### Помнить или забыть

В основе сознания и психики лежат очень сложные процессы. Наш мозг сопротивляется избытку информации и включает защитные механизмы вытеснения лишнего. Ученые считают, что ненужные сведения удаляются под влиянием различных жизненных ситуаций, эмоций и т.д.

Страх не вспомнить, стресс, волнение, тревога, рассеянность, невозможность сконцентрировать внимание, сознательное или подсознательное нежелание фиксировать неприятные моменты, трагические события и т.д. — все это способствует забвению.

Этот феномен исследовал еще Фрейд, который считал, что нет произвольных обмолвок или случайно забытых происшествий. Если, допустим, человек не помнит доклад, который должен вскоре читать, то это не случайно: либо он не желает выступать перед данной аудиторией, либо ему не по душе тема, но признаться в этом он не может или не хочет.

Функции памяти подлежат восстановлению. Допустим, человек получил травму и ничего не помнит, но если нет серьезных повреждений важных областей мозга, амнезия может быть преодолена.

### Повторение — мать или мачеха

Память играет очень важную роль не только в жизни человека, но и в педагогике. Считается,

что повторение — мать учения, но на самом деле мачеха. В школе основным способом заучивания материала служит зубрежка, что не всегда способствует развитию памяти. Чрезмерная нагрузка не тренирует память, а ослабляет ее. Перенапряжение памяти особенно опасно для детей. Многие психологи и педагоги не одобряют механического заучивания длинных стихотворений, дат, имен, математических формул.

Особые трудности возникают при зазубривании множества формул и дат. Люди, не владеющие специальными приемами обучения, могут быстро запомнить от пяти до девяти цифр, слов, понятий, формул и иных блоков информации, что соответствует объему кратковременной памяти. Но этого обычно бывает недостаточно, и приходится тратить дополнительные усилия и время.

Специалисты выявили, что информация лучше всего воспринимается, если к ней возвращаться через определенные промежутки времени. Первый составляет 15–20 минут, что связано с особенностями кратковременной памяти. Если материал будет повторен не сразу, а через какое-то время, он будет восприниматься как новый. Через два часа у человека включается другая, долговременная память, которая как бы

проверяет, как хранятся полученные сведения и как их извлечь. Вернуться к выученному лучше всего через восемь часов и через сутки.

Противники зубрежки в школе утверждают, что важно понимать и представлять то, о чем идет речь, а не бессмысленно заучивать набор данных.

Прежде чем дать ученику самостоятельно выполнить задание по физике или математике, учитель обычно рассказывает, каким образом решаются подобные задачи. Но никому не приходит в голову объяснить, как надо учить стихотворение. Предполагается, что ребенок умеет это с детства. Казалось бы, если человек регулярно заучивает наизусть стихи, с каждым днем память должна улучшаться, но, как показали эксперименты, этого не происходит. Каждый раз на запоминание одного и того же объема требуется примерно одинаковое количество времени. Но если ребенок сам придумывает какие-то ассоциативные приемы, то материал усваивается быстрее и память действительно улучшается.

Педагогам следует апеллировать к фантазии детей, использовать наглядные пособия, предлагать учащимся закрыть глаза и мысленно увидеть то, о чем идет речь, чтобы развивалось не только логическое, но и образное мышление.

### Мнемотехника

Школьники легко усваивают информацию, если она новая, эмоционально насыщенная и полезная. Если же она не отвечает этим требованиям, приходится использовать специальные приемы запоминания.

Человеческая память необъятна. Но как использовать природные резервы, как мобилизовать внутренние ресурсы?

Многие ученые рекомендуют использовать мнемотехнику и эйдотехнику, которые были хорошо известны еще древним грекам, но сейчас практически не применяются, несмотря на то что могли бы значительно облегчить учебный процесс.

Существуют определенные методы рационального запоминания и воссоздания материала. Одни люди лучше воспринимают увиденное или прочитанное (зрительный тип), другие услышанное (слуховой тип), третьи — записанное или произнесенное вслух (двигательный тип). Совершенствуя память, лучше тренировать не те ее виды, которые и так развиты, а любые другие.

Каждый человек в течение жизни вырабатывает собственную систему запоминания. Многие методы и приемы мнемотехники (от греч. *mnete* —

память и *techné* — искусство, мастерство), т.е. системы специальных приемов, облегчающих запоминание, прочно вошли в нашу жизнь. Так, условные обозначения на мониторе компьютера подскажут даже ребенку, не умеющему читать, как запустить игру. Водители автотранспорта не способны на большой скорости воспринимать текстовые сообщения, но дорожные знаки предупреждают их об опасности, напоминают о необходимости соблюдения определенной скорости и т.д., то есть в доступной форме предоставляют необходимую информацию.

Обычный алфавит, по которому ребенок заучивает соответствие звуков определенным символам, — такой же мнемотехнический прием, как и азбука Морзе, кодирующая буквы в комбинации точек и тире.

Часто, чтобы запомнить новые сведения, мы связываем их с хорошо знакомой информацией или ищем закономерности. У людей, выросших в определенной культурной среде, примерно одинаковый ассоциативный ряд. Возможно, это связано с тем, что дома, в детском саду и в школе нас прямо или косвенно учат одному и тому же.

К мнемотехнике относятся известные школьные поговорки, помогающие запомнить определенные правила: «Уж замуж невтерпёж», «Пифагоровы штаны во все стороны равны», «Биссектриса — это крыса, та, что шарит по углам и делит угол пополам» и т.д. Бытовые методы запоминания, например завязывание узелков, также облегчают обучение.

### Педагогическая мнемотехника

В процессе познания окружающего мира и получения знаний очень важную роль играет аналитическое мышление. Могут использоваться достаточно формальные, но эффективные приемы, позволяющие связать новые данные с уже имеющимися за счет установления строго логических связей.

Для людей, не способных к эффективному зрительному восприятию, существует так называемая педагогическая мнемотехника, которая основана на естественном запоминании при интенсивном «переживании» изучаемого материала. Наиболее распространенные методы — многократное чтение текста, повторение вслух (откровенная зубрежка), составление конспектов, перерисовка иллюстраций. Педагогам рекомендуется организовывать учебный процесс в виде игры, использовать вспомогательный (дидактический) материал и т.д. Такие приемы хорошо знакомы всем нам со школы.



### Поиграем в ассоциации

Многие методы развития памяти строятся на ассоциациях, т.е. на соотнесении известных данных с тем, что следует запомнить. Наиболее распространенный способ — организация ассоциативного поля вокруг запоминаемых понятий, т.е. привязка к неким пространственным системам, например, к комнате.

Ярким примером классической мнемотехники является метод римского оратора Цицерона — выделение объектов в хорошо знакомом помещении или на улице и использование их в качестве «вешалок» для запоминаемых сведений. До сих пор актуален метод великого римлянина, основанный на преобразовании информации в зрительные образы, которые делятся на две большие группы: вспомогательные для фиксации последовательности и кодирующие запоминаемую информацию. В средние века, когда книги были очень дороги, и студентам приходилось поглощать огромные объемы информации, они придумывали воображаемые «города» химии, математики, биологии, философии и др. и мысленно ходили по ним. Таким методом пользовался

и репортер С.В. Шершевский, которого психолог А.Р. Лурия наблюдал на протяжении 30 лет.

Психологами установлено, что ассоциативный ряд, а значит, и восстановление в памяти образов прошлого, зависит от того, что волнует человека в данный момент. На этом строится ассоциативный эксперимент, позволяющий исследовать личность человека. В рассказе Карела Чапека «Эксперимент профессора Роусса» такой прием помог разоблачить убийцу: профессор произносил слова, а подозреваемый должен был назвать первую пришедшую в голову ассоциацию. В результате по ряду соответствий удалось установить, когда, где и как было совершено убийство, и где зарыт труп. Писатель Даниил Хармс говорил, что его телефон легко запомнить: 32–08, т.е. 32 зуба и 8 пальцев.

### Когда вино пьют негры

Тем, у кого лучше развита слуховая память, целесообразно пользоваться методом звуковых ассоциаций. Классический пример — слово «винегрет», которое пишут по сто раз и все равно продолжают делать ошибки. Слуховая ассоциация «вино

пьют негры» позволяет запомнить коварные буквы «и» и «е» с первого раза. Хлорноватистую кислоту (препарат, использующийся для дезинфекции) можно «разложить» на два слова — «хлорка» и «вата» и т.д.

Преподаватели иностранных языков обычно опираются не только на природную способность учеников к языкам, но и на механизмы звуковых ассоциаций, когда к незнакомому слову подбирается русское созвучие.

Одно время был широко распространен метод однокоренных слов, который сейчас практически не используется. Раньше, когда в гимназиях в обязательном порядке преподавали латынь, то, зная латинский корень, ученики могли понять значение похожего слова в трех-четырёх языках. Классический пример — слово «морковь». По латыни — *carota*, по-английски — *carrot*, по-французски — *carotte*, у нас — *каротин*. Кроме того, известно, что человеку, знающему один язык, каждый следующий дается легче и быстрее.

### Точка, точка, запятая...

Людам с хорошо развитой зрительной памятью, так называемым визуалам, можно посоветовать рисовать картинку, так как 80% информации они получают благодаря зрению. Чтобы запомнить, например, даты, формулы и цифры, можно нарисовать дерево, схему или физиономию. Допустим, надо запомнить телефон 625-19-28. Пусть 6 изображает глаз с длинными загнутыми ресницами, 2 — бровь и нос, 5 — рот, перевернутая 1 — острый подбородок и т.д. — вот и «вышла рожица кривая».

Допустим, надо запомнить слово «собака». В первом слоге слышится «а», но пишется «о». Можно нарисовать спящего, свернувшегося калачиком пса, который похож на букву «о». Естественно, ученик с первого раза запомнит, как пишется слово, особенно если четко представит себе очаровательного зверя.

### Почувствуй себя египтянином

В наши дни популярным методом тренировки памяти стало кодирование текста определенными значками — пиктограммами. Эти прародители письменности были обнаружены на монументах Древнего Египта, в том числе на пирамидах. Их и сейчас можно эффективно использовать для запоминания, особенно школьникам и студентам, которым приходится пропускать через себя огромные потоки информации и много писать. Кодирование помогает усваивать больше данных. Учащиеся могут

применять условные обозначения, поскольку схемы и сокращения зрительно воспринимаются и запоминаются лучше, чем слова.

### Рецепт от Марка Твена

Забавный метод сохранения информации изобрел Марк Твен. Сначала он читал свои лекции по бумажкам, но вскоре понял, что первый закон риторики — контакт с аудиторией. Тогда он стал выделять в тексте главные блоки и мысли, а первую букву ключевого слова рисовать... на ногтях. Например, если речь идет о природной памяти, то следует нарисовать букву П, а развивая мысль о том, как интеллект связан с памятью, — И; если говорить о школе — изобразим Ш, об эйдетической памяти — Э и т.д. Такой подход позволяет организовать мышление, а пальцы превратить в шпатель. Единственный минус, на который жаловался Марк Твен, состоял в том, что слушатели начинали шуметь и наблюдать за его манипуляциями с руками.

### Под музыку

Нередко школьники и студенты любят заниматься под музыку. Не стоит им это запрещать, так как мелодия (равно как и посторонние дела, например, рисование на полях, покачивание ногой под столом и т.д.) не отвлекает, а помогает усваивать материал. В романе братьев Вайнеров «Визит к Минотавру» один из героев запомнил телефон, наигрывая на пианино, а в фильме «Я вас любил...» ученик зубрил отрывок из «Евгения Онегина», напевая его на мотив известной песенки.

### В объятиях Морфея

Способность запоминать во сне является одним из резервных механизмов памяти. Спящий человек слышит то, что происходит вокруг, но не осознает этого, поэтому он может не только воспринимать, но и запоминать информацию, а после пробуждения воспроизводить ее без искажений.

Обучение во сне (гипнопедия) практиковалось еще в Древней Индии. В современном мире первая известная попытка была предпринята в 20-х гг. XX в. американцами: офицеры морской школы учили во сне телеграфный код. Затем английские исследователи провели эксперимент, в ходе которого пытались обучить таким образом матросов азбуке Морзе. Одна группа занималась только днем, а другая — и днем и ночью. Оказалось, что вторая группа усвоила материал гораздо быстрее.



В популярном фильме Алексея Коренева «Большая перемена» герой Евгения Леонова во сне учил историю, а когда отвечал на уроке, не только рассказал о социально-экономическом устройстве Германии, но и дал сводку погоды на следующий день, которую слышал по радио.

### Двадцать пятый кадр

Гипнопедию применяет и Г. Китайгородская, используя разработанный болгарским ученым Г. Лозановым метод погружения в языковую среду.

Однако не следует путать метод погружения с принципом 25-го кадра, когда информация попадает в подсознание, минуя сознание, что в сотни раз повышает способность запоминать. Кинопленка движется со скоростью 24 кадра в секунду, и каждый кадр мы видим осознанно. Но если вмонтировать дополнительный кадр, содержащий определенную информацию, то глаз его не воспримет, а подсознание зафиксирует.

С конца 1950-х годов ЦРУ и КГБ обучали своих агентов иностранным языкам именно по методике 25-го кадра, что позволяло за несколько часов выучить то, на что в обычном режиме уходят годы. На этом базируется и система изучения иностранных языков по методу *Intell*.

Феномен воздействия 25-го кадра мало изучен. Неизвестно, сколько информации можно вложить в подкорку (один образ или целую картину, одно слово или несколько тысяч) и как это в дальнейшем отразится на сознании и памяти человека.

Практичные американцы пытались использовать этот прием в рекламе. В одном из кинотеатров Нью-Йорка шел художественный фильм, где в киноленту между кадрами были вмонтированы титры «Пейте кока-колу» и «Ешьте попкорн». Они мелькали каждые пять секунд незаметно для зрителей. Но после сеанса воздушная кукуруза и кола раскупались в два раза активнее, чем когда

шел фильм без «подвоха». Сегодня использование в рекламе этого приема запрещено, однако в процессе обучения допускается.

### Мыслить, чтобы не стареть

Сейчас в развитых странах остро стоит проблема старения. Благодаря современной медицине люди стали жить дольше, но теперь перед обществом встала новая задача — улучшение качества жизни пожилых людей.

Старики часто жалуются на забывчивость, однако с физиологической точки зрения с возрастом память ухудшается только на 10%. Как правило, она начинает подводить пенсионеров, которым не хватает рабочей атмосферы, ощущения своей незаменимости, смены впечатлений, привычного круга общения. Когда больше нет необходимости удерживать в голове огромное количество домашних и рабочих дел, человек фактически теряет мотивацию для запоминания. Активность мозга снижается, ухудшается память, ослабляется внимание, утрачивается способность организовывать мыслительный процесс, быстро переключать внимание и т.д.

На Западе и в США люди, выйдя на пенсию, начинают активно путешествовать. Так они вносят разнообразие в свою жизнь, получают новые впечатления, познают мир и чувствуют себя полноценными людьми. Словом, их жизнь продолжается. В России, к сожалению, пенсионеры остро ощущают, что жизнь их закончена, они выброшены из привычного мира и в массе своей практически изолированы от общества. Новые положительные впечатления очень важны для поддержания памяти «в рабочем состоянии».

Раньше были широко распространены семейные игры (лото, шарады), основанные на запоминании слов, быстрой реакции и богатой фантазии. В них участвовали и взрослые, и дети, что способствовало не только тренировке памяти, но и общению. Многие дедушки и бабушки сегодня как бы учатся вместе с внуками, водят их в школу и помогают делать домашние задания. Хотя психологи считают, что чрезмерная опека вредит детям, близкий контакт с родными полезен и пожилым, и юным, т.к. семья как бы объединяется через поколение, сохраняя традиции.

### Тренировка памяти

А.Р. Лурия, известный русский психолог, рекомендовал перед сном вспоминать прожитый день, располагая события в обратном порядке, подобно тому, как режиссер прокручи-

вает киноленту при монтаже фильма. Такая техника сложна, но эффективна для развития и восстановления памяти и способствует тренировке зрительного восприятия.

### Тени минувшего

Один из методов тренировки памяти можно условно назвать «знаки прошлого». Таким приемом пользовался Пикассо. У него была особая комната, где хранились разбитые фужеры, старые платки, сломанные расчески. Он брал в руки предмет, силился вспомнить то, что было связано с ним, и в памяти всплывали лица, события, мысли, разговоры. Он как бы погружался в приятную атмосферу воспоминаний. Говорят, так можно снять стресс. Кроме того, как сказал немецкий писатель Жан-Поль, «Память — это единственный рай, из которого нет изгнания».

Авраам Линкольн, прежде чем стать президентом, был адвокатом. И чтобы лучше запомнить речи, которые намеревался произносить в суде, пользовался приемом, который можно определить как двойное запоминание: он читал текст вслух, т.е. видел и слышал одновременно.

### Бабушкин комод

Эффективным способом тренировки памяти оказывается метод, называемый «бабушкин комод». Однажды внучка попросила бабушку помочь ей решить задачку, а старушка неожиданно предложила разобрать комод: ненужные вещи выбросить, нужные положить поближе, а те, которыми пользуются редко, — подальше. Пока девочка сортировала содержимое ящиков, к ней неожиданно пришло решение задачки. Смысл метафоры таков: для концентрации внимания и развития памяти необходимо «освободить место» в голове. Взрослый человек обычно держит в уме одновременно пять-шесть неотложных дел: что купить, кому позвонить, обиды, какие-то размышления, недоделанную работу и т.д. Это мешает сконцентрироваться на запоминании. Если рассортировать вопросы, то все встанет на места. Так, 50% из них можно отбросить, поскольку их решение от нас не зависит. Не стоит откладывать в долгий ящик те проблемы, с которыми мы можем быстро разобраться, но из страха, нежелания, стыда и т.д. затягиваем решение. А то, что остается и требует неправданных затрат сил и времени, можно отложить до лучших времен.

К памяти надо относиться как к золоту — уметь сохранить и преумножить. ■

(В мире науки, № 8, 2004)



Фотографии сбивают с толку малышей, не освоивших двойственное восприятие и не осознающих, что символический объект является одновременно и самим собой (в данном случае качественной фотографией), и изображением другого предмета (обуви). Многие дети пытаются взаимодействовать с изображенными на фотографии объектами так же, как этот мальчик, старающийся всунуть ногу в кед

## В МИРЕ СИМВОЛОВ

Джуди Делоачи

Маленькие дети часто путают реальный объект и его модель, пока не привыкнут к тому, что одна вещь может олицетворять другую. Такие ошибки показывают, насколько трудно развивается абстрактное, в том числе символическое мышление

**20** лет назад в моей жизни настал удивительный момент. В те годы я изучала память у детей и начинала новый эксперимент с малышами 2,5–3 лет. Для осуществления проекта в лаборатории был создан макет настоящей комнаты. Она выглядела как обычная гостиная с несколько потрепанной мебелью: обитый тканью диван, кресло, тумбочка, шкафчик и т. д. Миниатюрные предметы точно копировали реальную обстановку. Макет назывался «Комната маленького Снупи», в ней на глазах у ребенка мы прятали небольшую пластмассовую собачку по имени Маленький Снупи, а затем просили малыша найти Большого Снупи (точно такую же игрушку, но большего размера), спрятанного в том же месте, только в большой гостиной. Мы хотели выяснить, могут ли дети воспользоваться своим представлением о модели комнаты, чтобы сообразить, где искать игрушку в реальном помещении.

Как мы и ожидали, трехлетки успешно справились с задачей. Увидев, что маленькую фигурку помещают за миниатюрным диваном, они бежали в соседнюю комнату и обнаруживали Большого Снупи под настоящим диваном. Однако малышом 2,5 лет, к нашему большому удивлению, постигла неудача. Они бодро отправлялись за большой собачкой, однако большинство из них не имело ни малейшего представления о том, где ее искать, хотя они прекрасно помнили, где именно в кукольной гостиной спрятана маленькая фигурка.

Их неспособность применить знания о макете, чтоб сделать вывод о реальном помещении, указывала на то, что они не улавливали взаимосвязи между тем и другим. Вскоре мое исследование особенностей памяти вылилось в изучение восприятия символик детьми.

Люди отличаются от других живых существ, в частности, и тем, что способны создавать и понимать самые разные символы. Их использование позволяет нам передавать информацию от поколения к поколению и усваивать знания

даже в отсутствие непосредственного опыта — так, мы многое знаем о динозаврах, несмотря на то, что никогда не встречались ни с одним из них. По сути дела, символическое мышление предопределяет существование культуры в целом. Символизация играет фундаментальную роль во всех видах человеческой деятельности, поэтому обретение символического мышления можно считать одним из самых важных аспектов развития человека. Как же, когда и каким образом маленькие дети начинают использовать и воспринимать условные обозначения и как они осваивают их?

### Картинки оживают

Первыми символами, с которыми знакомятся дети, чаще всего оказываются картинки. Взрослому может показаться, что нет ничего проще, однако я обнаружила, что вначале изображения приводят малышей в недоумение. Проблема коренится в двойственной природе всех символических объектов: они реальны сами по себе и в то же время олицетворяют еще что-то. Чтобы понять их, наблюдатель должен обрести двойственное восприятие: одновременно видеть как сам объект, так и взаимосвязь между ним и тем, что он воплощает.

Несколько лет назад меня заинтересовал тот факт, что маленькие дети не осознают двойственной природы рисунков. Так, родители рассказывали, что их младенец пытался схватить нарисованное яблоко или же засунуть ногу в фотографию ботинка. Мы с коллегами решили исследовать этот феномен.

Мы нашли очень простой способ выяснить, как маленькие дети воспринимают картинки: перед девятимесячным ребенком клали книгу с цветными фотографиями реальных предметов. К нашему удивлению, практически все младенцы протягивали ручки, чтобы потрогать, потереть, похлопать или поскрести картинки, некоторые даже пытались схватить изображенные

предметы рукой, словно желая поднять их со страницы.

Однажды мы получили уникальную возможность проверить, все ли дети реагируют одинаково. Антрополог из Иллинойского университета захватила с собой некоторые из наших книг и видеокамеру в Кот-д'Ивуар, в далекую от цивилизации деревню народности бенг. Условия эксперимента там были несколько иные, чем у нас в лаборатории: малыши сидели на земле или на коленях у матери, вокруг бродили куры и козы, а дети постарше и взрослые играли, работали, разговаривали и смеялись неподалеку. Скорее всего африканские младенцы ни разу в жизни не видели ни одной картинке, однако они исследовали изображенные объекты руками точно так же, как их американские сверстники.

Наши исследования показали, что малыши прекрасно видят разницу между вещью и ее изображением. Если предложить им на выбор и то, и другое, они предпочтут реальный предмет. Однако пока они не совсем понимают, что собой представляют картинки и чем они отличаются от представленных на них объектов («референтов»), а потому крохи принимаются изучать их на ощупь: некоторые, например, наклоняются и прикладывают губы к соске на фотоснимке бутылочки. Однако они поступают так только в том случае, если изображения очень похожи на саму вещь, как на цветных фотографиях. Как отмечает ряд исследователей, такое же недоразумение возникает и с видеоизображениями. Девятимесячные детишки нередко протягивают ручки и пытаются схватить объекты, движущиеся по экрану телевизора. Однако когда изображения имеют относительно мало сходства с реальными вещами (например, если нарисованы только их контуры), маленькие исследователи редко интересуются ими.

#### ОБЗОР: СИМВОЛЫ НЕ ИНТУИТИВНЫ

- Символическое мышление у детей возникает не сразу. На протяжении нескольких лет они постепенно осваивают различные аспекты такого мировосприятия.
- В процессе обучения дети совершают много забавных ошибок, например, принимают фотографии за реальные объекты и не могут взять в толк, как маленькая модель может олицетворять ее большую копию.
- Понимание значения символов требует двойственного восприятия. Подлинно символическое мышление формируется у детей только тогда, когда они начинают воспринимать объект и сам по себе, и как изображение чего-то другого.

К полутора годам дети начинают понимать, что картинка просто изображает реальную вещь. Они уже не пытаются схватить ее, зато показывают на рисунки и называют изображенные предметы или просят взрослых сказать, как они называются. Исследователи из Йельского и Гарвардского университетов недавно провели такой опыт: они демонстрировали полуторагодовалым и двухлетним детям простой контур щетки, чтобы научить их слову, обозначающему эту вещь, которую они никогда не видели. Большинство детей восприняло слово как относящееся к самому предмету, а не только к картинке. Другими словами, они интерпретировали рисунок в символическом ключе — как замещающий референта, а не просто связанный с ним.

Чем старше становится ребенок, тем реже он пытается ощупать изображение, чтобы его исследовать. По нашему мнению, такое изменение поведения связано с формированием тормозного контроля и способности сдерживать свои побуждения, что обеспечивается развитием лобной коры. В результате малыши уже не стремятся к непосредственному взаимодействию с изображением, довольствуясь созерцанием, как взрослые.

Определенную роль играет и опыт восприятия картинок. Большинство современных детей живет в мире, изобилующем изображениями, они постоянно видят фотографии и книжки с иллюстрациями. Ежедневно разглядывая их, ребенок учится отличать картинки от реальных предметов и постепенно приходит к пониманию, что рисунки или снимки можно рассматривать или говорить о них, но нельзя направить на них непосредственное действие.

Тем не менее детям требуется несколько лет, чтобы полностью постичь природу изображений. Было обнаружено, что до 4-х лет многие дети полагают, что если перевернуть нарисованный стакан с попкорном, то его содержимое высыплется. Они также убеждены, что фотоснимок должен меняться по мере того, как в реальном мире происходят изменения с тем, что на нем запечатлено. Подобные заблуждения свидетельствуют о том, что малыши еще не вполне осознают некоторые аспекты взаимосвязи между предметом и его изображением.

#### Ошибки Гулливера

Картинки — не единственный источник ошибок, связанных с восприятием символов маленькими детьми. На протяжении многих лет мои сотрудники, студенты и я сама были свидетелями тому, как малыши пытаются уссесться в крошечное креслице из макета комнаты, лечь



Проявление неверного двойственного восприятия — ошибочная оценка размеров, типичная для детей в возрасте от 18 до 30 месяцев. Малыш тщетно пытается уссесться на крошечный стульчик. В экспериментах используются еще более мелкие предметы

на кукольные кровати или залезть в маленькую игрушечную машинку. Заинтересовавшись столь удивительным поведением, которое никогда не упоминалось в научной литературе, мы решили его изучить.

Мы приводили детей в возрасте от 18 до 30 месяцев в комнату, где помимо всего прочего были три большие игрушки: горка, кресло и автомобиль, в котором ребенок мог кататься, отталкиваясь ногами от пола. После того как маленький участник эксперимента поиграет с каждым объектом не менее двух раз, его выводили из комнаты. Затем мы заменяли крупные предметы их уменьшенными копиями. Когда малыш возвращался, мы никак не комментировали подмену и предоставляли ему играть как вздумается, но, если он игнорировал маленькие игрушки больше трех-четырёх минут, мы привлекали его внимание к ним.

Затем мы просматривали отснятый видеоматериал в поисках того, что мы назвали ошибками

масштаба — предпринимаемых всерьез попыток выполнить действия, которые явно невозможны в силу значительной разницы в размерах между телом ребенка и объектом его усилий. Мы проявляли чрезвычайную осторожность в оценках, ошибки масштаба засчитывались только в том случае, если несколько экспертов независимо друг от друга идентифицировали их как таковые.

Почти половина детей делали один или более подобных промахов. Они совершенно серьезно стремились использовать маленькие игрушки так же, как ранее большие. Одни силились втиснуться в крошечное креслице, другие пытались взобраться на маленькую горку и скатиться с нее, в результате чего игрушки выскальзывали из-под них и переворачивались (предметы были изготовлены из прочной пластмассы и по высоте не превышали 12,5 см, поэтому дети не подвергались никакому риску). Некоторые норовили забраться в маленькую машинку: они открывали дверь и с потрясающей настойчивостью старались просунуть туда ногу.

Интересно, что в основном детей не особо огорчали неудачи. Некоторые немного сердились или терялись, но большинство просто отвлекалось на другое занятие. Вероятно, дело в том, что, осваивая мир, крохи ежедневно сталкиваются с многочисленными препятствиями и не воспринимают их как нечто из ряда вон выходящее.

По нашему мнению, ошибки масштаба возникают из-за рассогласования между использованием зрительной информации для планирования действия, с одной стороны, и управления ходом его выполнения, с другой. Когда ребенок видит уменьшенную копию знакомого ему объекта, зрительная информация (форма, цвет, текстура и т.д.) активирует мысленное представление о референте, с которым связана двигательная программа взаимодействия с крупным объектом и сходными с ним предметами. Половина исследованных нами детей не пытались пользоваться маленькой игрушкой так же, как большой, — вероятно, их двигательная программа тоже активировалась, но сразу же тормозилась.

Но у другой половины малышей двигательный шаблон продолжал действовать. Как только ребенок начинал выполнять стандартную последовательность движений, зрительная информация о реальном размере объекта использовалась для того, чтобы осуществить действия. Некоторые, например, присаживались над крошечным креслицем и заглядывали под себя, чтобы не промахнуться. Те, кто пытался забраться



Двухлетний ребенок не понимает символического соотношения между моделью комнаты и самой комнатой. Мальчик видит игрушку, спрятанную за растением в модели, но не догадывается заглянуть за растение в настоящей комнате

в маленькую машинку, сначала открывали дверцу, а затем старательно просовывали ногу внутрь. Принимая решение о взаимодействии с уменьшенной копией, дети полагались на зрительную информацию, связывающую ее с объектом нормального размера, но затем, выполняя свой план, они корректировали действия, соотносясь с данными о реальных габаритах предмета. Такое рассогласование в использовании зрительной информации не противоречит общепринятым теориям зрительного восприятия, утверждающим, что распознаванием объектов и планированием действий заняты одни области мозга, а выполнением и корректировкой действий — другие.

### Волшебная уменьшающая машина

Ошибки масштаба показывают, что детям не удастся воспринимать по отдельности символ и его референт. Однако смещения объекта и его символического образа не происходит в том случае, если необходимость в двойственном восприятии исчезает. Мы обнаружили этот феномен

в 1997 г., когда убеждали детей 2,5 лет (разумеется, с полного согласия родителей), что у нас есть устройство, которое может уменьшать обычные предметы.

С помощью нашей «волшебной уменьшающей машины» мы надеялись понять, верно ли, что в основе неспособности детей воспринимать символы лежит необходимость думать об обеих «ипостасях» объекта одновременно. Если ребенок поверил, что некое таинственное устройство уменьшило предмет или комнату, то в его понимании миниатюрная копия тождественна самому объекту. В таком случае нет никакой символической взаимосвязи между предметом и макетом, а потому у ребенка нет необходимости применять свои знания о большом экземпляре к маленькому.

Наш волшебный прибор должен был уменьшить большую игрушку и палатку. На глазах у ребенка мы помещали игрушку в палатку и направляли на нее «уменьшающую машину». Затем ребенок и экспериментатор прятались в другой комнате и ждали, пока механизм сработает. Когда они возвращались в лабораторию, на месте большой палатки уже стояла маленькая. (Поразительно, но детей совсем не удивляло ни то, что аппарат может уменьшать предметы, ни то, что во время работы агрегата на него нельзя смотреть.)

Когда мы просили детей отыскать игрушку (тролля с ярко-фиолетовыми волосами), они немедленно заглядывали в маленькую палатку. Будучи уверенными в том, что перед ними та же самая палатка, только уменьшенная, они легко находили спрятанную куклу. В данном случае от детей не требовалось двойственного восприятия: они считали, что маленькая палатка была той же самой, что и большая, и потому игрушка находилась там, где она и должна была быть в соответствии с представлениями малыша.

### Теория и практика

Изучение роли двойственного восприятия символов имеет большое прикладное значение для тех, кто работает с детьми. В частности, при разговоре с маленькими жертвами сексуального насилия полицейские, психиатры и другие специалисты нередко используют куклы с анатомическими подробностями, предполагая, что таким образом ребенку будет легче рассказывать о случившемся. При этом подразумевается, что малыш может воспринимать куклу и как игрушку, и как олицетворение самого себя.

Однако целесообразность использования таких методов вызвала сомнения у ряда ученых.

В ходе нескольких независимых исследований ученые просили дошкольников рассказать о визите к педиатру и о том, осматривал ли он их гениталии. При этом с одними группами детей разговор велся при помощи кукол, имитирующих строение человеческого тела, а с другими — без них. Оказалось, что в целом ответы детей были более точными в тех случаях, когда манекены не использовались. Кроме того, малыши, объяснявшиеся с помощью кукол, были склонны давать ложную информацию о прикосновении к половым органам.

Мои исследования показали, что у детей нередко возникают затруднения при интерпретации символических объектов, и я предположила, что в раннем детстве человек не способен соотносить свое тело с телом куклы. В нашей лаборатории была проведена серия экспериментов, основанных на поиске простейших соответствий. Если приклеить стикер на тело ребенка (например, на плечо или ступню) и попросить его прикрепить такой же на куклу, на то же самое место, то дети от 3 до 3,5 лет обычно легко справлялись с заданием, однако те, кто был помладше, лишь в половине случаев понимали, что от них требуется. То есть даже в такой чрезвычайно простой ситуации, не предъявляющей никаких требований к памяти и не несущей никакой эмоциональной нагрузки, малыши не могут сопоставить свое тело с его подобием.

Результаты опытов показывают, что нельзя применять модели человеческой фигуры в ходе следствия с участием маленьких детей. Подобных экспериментов было проведено множество, и в настоящее время применение кукол при разговоре с детьми младше 5 лет не считается целесообразным, а в некоторых штатах даже запрещено законом.

Концепция двойственного восприятия важна и в педагогической практике. Во всем мире преподаватели детских садов и начальных школ используют так называемый предметный дидактический материал: кубики, палочки и т.д. Идея состоит в том, чтобы с помощью конкретных предметов помочь детям понять абстрактные математические принципы. Но если ученики не видят взаимосвязи между понятием и олицетворяющим его кубиком, то применение подобного метода может оказаться даже вредным. Некоторые исследования показывают, что детям часто нелегко дается понимание и применение предметного дидактического материала. В настоящее время мы изучаем, способны ли символические объекты помочь в обучении буквам и цифрам. С помощью кубиков, созданных специально для знакомства маленьких

детей с математикой, мы учили ребятшек 6 и 7 лет решать задачи на вычитание с заимствованием (они часто вызывают у учеников затруднения). Другая группа осваивала тот же материал с помощью лишь карандаша и бумаги. Все дети в конце концов усвоили принципы решения, однако тем, кто пользовался кубиками, потребовалось в три раза больше времени. Одна девочка из группы «кубиков» после завершения исследования дала нам совет: «А вы не думали учить этому детей с бумагой и карандашом? Так ведь намного легче».

Двойственное восприятие стоит учитывать и при создании книг для малышей. Сейчас очень распространены детские издания со множеством подвижных частей, побуждающих детей к непосредственному взаимодействию с книгой: подвижные или скрытые картинки, которые можно посмотреть, открыв «окошко» на странице и т.д. Мы с аспиранткой Синтией Чионг (Cynthia Chiong) решили, что такие игровые элементы могут отвлекать детей от информации, заложенной в книге. Недавно мы с помощью разных методик пробовали научить азбуке детей в возрасте 30 месяцев. Одна группа занималась по старомодным букварям, где каждая буква четко напечатана крупным черным шрифтом и сопровождается соответствующей картинкой: А — Арбуз, Б — Белка... Другим ученикам досталась затейливая книга с различными движущимися элементами. Впоследствии оказалось, что ребята, которые работали с обыкновенной азбукой, усвоили больше букв, чем обладатели хитроумного учебника. Можно предположить, что детям легче сконцентрировать внимание, глядя на ровные страницы традиционной книги, чем отвлекаясь на манипуляции с трехмерными объектами. Если речь идет об обучающих книгах для младшего возраста, то простые варианты зачастую оказываются наиболее эффективными.

Многочисленные исследования свидетельствуют, что многие аспекты символики, которые очевидны для взрослых, вызывают затруднения у маленьких детей. Они должны преодолеть определенный барьер на пути к достижению зрелого представления о том, что один объект может быть условным обозначением другого. А современному ребенку приходится осваивать все большее количество разнообразных символов. Более глубокое понимание различных стадий развития абстрактного мышления, в том числе символического, позволит исследователям выявить, изучить и преодолеть трудности в обучении, с которыми сталкивается ребенок. ■

(В мире науки, № 11, 2005)



# МИФОЛОГИЯ САМООЦЕНКИ

Рой Баумейстер, Кетлин Вос,  
Дженнифер Кемпбелл и Джоаким Крюгер

Долгое время считалось, что высокая самооценка — залог жизненного успеха. Однако исследования показывают, что такая позиция не помогает ни повысить академическую успеваемость, ни предотвратить опрометчивые поступки

**М**ногие убеждены, что самооценка влияет на состояние психического здоровья человека, поэтому нет ничего удивительного в том, что люди стараются повысить ее любым способом. А большинство американцев уверено, что высокое мнение о себе — залог успеха и процветания, и наоборот — заниженная самооценка лежит в основе многих личных и, как следствие, общественных проблем.

В Калифорнии в конце 1980-х гг. была создана специальная комиссия по персональной и общественной ответственности. Члены комиссии были убеждены в том, что повышение самооценки у молодежи приведет к снижению уровня преступности, наркомании, а также к предотвращению нежелательной беременности среди несовершеннолетних, загрязнения окружающей среды и т.д. Кроме того, они считали, что люди, высоко ценящие себя, якобы зарабатывают больше других, а потому платят немалые налоги. Помимо прочей деятельности комиссия собрала группу специалистов для того, чтобы составить обзор литературы по данному вопросу. В результате в 1989 г. вышло в свет издание, озаглавленное «Социальное значение самооценки», в котором утверждалось, что «большая часть, если не все значительные проблемы, отягощающие жизнь общества, коренятся в низкой самооценке большого количества людей». Однако в отчете не содержалось никаких доказательств в пользу данного утверждения.

Калифорнийская комиссия была распущена в 1995 г., но ее дело продолжила некоммерческая организация под названием Национальная ассоциация за самооценку (*National Association for Self-Esteem, NASE*), основная задача которой сводилась (согласно ее официальному заявлению) к тому, чтобы «улучшать жизнь граждан, повышая их мнение о себе».

К сожалению, руководители NASE не ознакомились с новейшими исследованиями. Поэтому

при поддержке Американского психологического общества мы составили обзор научной литературы по данной теме.

## Критерий объективности

Как измерить самооценку? Для этого необходим надежный критерий ее анализа, однако большинство исследователей ограничиваются тем, что просто спрашивают у людей их мнение о себе. Ответы не всегда бывают объективны, поскольку все, естественно, хотят выглядеть лучше в глазах других. Но, к сожалению, психологи не располагают более удачным методом, позволяющим судить об уровне самооценки.

Физически привлекательные люди склонны иметь высокое мнение о собственной персоне, поскольку окружающие чаще стремятся к общению с ними, они любимы супругами и друзьями и т.д. Но бывает и так, что люди с завышенным самомнением просто переоценивают свою внешность без особых на то оснований.

В 1995 г. исследователи опросили большое количество людей, предлагая им поставить самим себе оценку. Затем их сфотографировали, и группа экспертов дала заключение об их внешних данных. Фотографии, сделанные в полный рост, не выявили достоверной корреляции. Съемка крупным планом дала лучшие результаты, но и они вызывают сомнения, поскольку люди, которые себя любят, обычно стремятся выделиться, лучше одеваются, носят украшения. Затем экспертам показали фото тех же участников без прикрас, и было выявлено, что оценка, выставленная людьми своей внешности, не соответствует действительности.

Такое несоответствие должно было подействовать отрезвляюще. Вначале казалось, что тесная взаимосвязь между приятной внешностью и высокой самооценкой очевидна, но выяснилось, что она лишь отражает закономерность,

согласно которой, поставив себе положительную отметку по одному параметру, люди обычно оценивают себя так же и по другому. Аналогично дело обстоит с теми, кто обладает низкой самооценкой: они склонны к тому, что по-английски называется «флоксиносинигилипликацией» (*floccinaucinihilipilification*). Этот неудобнопроизносимый термин, составленный из латинских корней, — одно из самых длинных слов, включенных в Оксфордский словарь, однако невозможно избежать соблазна привести его здесь. Оно переводится как «действие или привычка оценивать все как не имеющее никакой ценности». То есть люди, не удовлетворенные собой, склонны отрицательно оценивать не только себя, но и вообще все на свете.

Такая тенденция явно изменила некоторые выводы, сделанные учеными ранее. Например, некоторые психологи считали, что люди с низкой самооценкой относятся к окружающему миру с некоторым предубеждением. Однако исследователи из Мичиганского университета в Анн-Арборе подвергли сомнению такое мнение. В конце концов, если люди плохо думают о себе и о тех, кто отличается от них, вряд ли будет правильно назвать это предубеждением. Если попросить человека оценить членов некоей группировки или представителей сообщества, будь то национальность, профессия и др., то получится противоположный результат: с большим предубеждением к «чужакам» относятся как раз индивидуумы с высокой самооценкой. Привычка оценивать все как не имеющее ценности приводит также к тому, что те, кто пренебрежительно отзывается о себе, зачастую и к своей жизни относятся так же. В результате создается впечатление, будто именно низкая самооценка ведет к неудачам.

Самоидентификация может быть неверной, поэтому мы решили отталкиваться от объективных

#### ОБЗОР: САМООЦЕНКА

- Американцы полагают, что самооценка граждан — проблема социальная, и ее понижение может привести к нежелательным поступкам.
- Вопреки распространенному заблуждению, дети, склонные к агрессии, вовсе не обладают заниженной самооценкой. То же самое относится и к тем, кто вступает в ранние половые связи, склонен к злоупотреблению алкоголем или наркотиками.
- Повышение самооценки отнюдь не всегда способствует успехам в учебе или работе.
- Люди с высокой самооценкой склонны проявлять инициативу и, возможно, счастливее остальных.

критериев. Мы также не стали принимать во внимание утверждение о том, что корреляция между самооценкой и некоторыми поступками означает наличие причинной связи между ними. Если высокая самооценка ведет к положительным результатам, то, вероятно, стоит приложить усилия, чтобы изменить в лучшую сторону представление человека о себе. Но если положительное представление о себе формируется вследствие достигнутых успехов, то повышение самооценки не приведет к положительным результатам. Мы начали нашу работу, длившуюся два года, с того, что познакомились с исследованиями, касающимися связи между самооценкой и академической успеваемостью.

#### Школьные годы чудесные

Вначале мы надеялись, что повышение самооценки позволит учащимся легче овладевать науками и защитит их от комплексов. Первые результаты опытов выявили положительную корреляцию между самооценкой и академической успеваемостью. Однако дальнейшие исследования поставили под сомнение их прямую взаимозависимость.

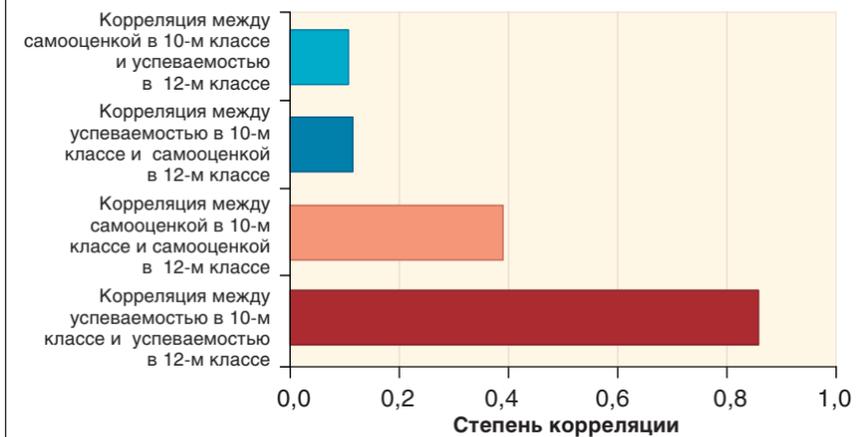
Выводы о наличии причинно-следственной связи можно делать лишь в том случае, если испытуемых исследуют дважды в разное время. В 1986 г. ученые из Университета штата Айовы протестировали более 23 тыс. учеников 10 класса средней школы, а два года спустя, когда дети перешли в 12 класс, опыт повторили. Самооценка десятиклассников лишь в незначительной степени позволяла предсказать, как они будут учиться в последний год. Академическая успеваемость школьников практически не влияла на их мнение о себе. Дальнейшие исследования показали, что повышение самооценки не способствовало улучшению отметок, а в некоторых случаях даже ухудшило успеваемость.

Сходные результаты были получены и при анализе взаимосвязи между степенью уважения к себе у работающих взрослых и результатами их деятельности. Простой поиск корреляций дает некоторые положительные результаты, но не указывает прямо на то, ведет ли позитивное отношение к собственной персоне к успехам в работе или же дела обстоят как раз наоборот. В любом случае четкой взаимосвязи выявлено не было.

Отсутствие влияния самооценки на успехи в учебе или работе могло бы компенсироваться в том случае, если бы самоуверенность помогла человеку в общении. Обычно люди тянутся к самодостаточным, уверенным в себе

#### САМООЦЕНКА И АКАДЕМИЧЕСКАЯ УСПЕВАЕМОСТЬ

Пытаясь проверить, действительно ли успехи в учебе обусловлены высоким самомнением, исследователи опросили тысячи школьников. Корреляция между самооценкой учеников средних классов и их успеваемостью в старших классах оказалась примерно такой же, как и между успехами в учебе в средних и самооценкой в старших классах. В результате трудно понять, где причина, где следствие, а где некий третий фактор, который одновременно обуславливает и высокую самооценку, и отличные оценки.



ИСТОЧНИК: S.M.Pottebaum, T.Z.Keith and S.W.Ehly in Educational Research, Vol. 79, pages 140–144; 1986.



и позитивно настроенным личностям, которые, как правило, убеждены в том, что популярны в коллективе, поэтому хорошо ладят со всеми. Между тем неуверенные в себе люди менее удовлетворены своими взаимоотношениями с обществом, конфликтны, и их стараются избегать. Однако, как показали исследования, проведенные в 1995 г. психологами из Небрасского университета в Линкольне, такие утверждения не отражают реального положения дел. Исследователи попросили 542 девятиклассников назвать самого популярного и самого нелюбимого одноклассника, и оказалось, что результаты никоим образом не соотносились с тем, что думали о себе тот и другой.

В конце 1980-х гг. было обнаружено любопытное противоречие. Самоуверенные студенты были убеждены, что им легко удастся завязывать отношения, оказывать эмоциональную поддержку однокурсникам и разрешать их конфликты. Однако их соседи по общежитию были совершенно иного мнения. По четырем из пяти исследуемых навыков общения корреляция упала почти до нуля. Данные статистики подтвердились только относительно способности испытуемых идти на новые социальные контакты и заводить друзей: уверенные в своей привлекательности люди без стеснения вступают в разговор

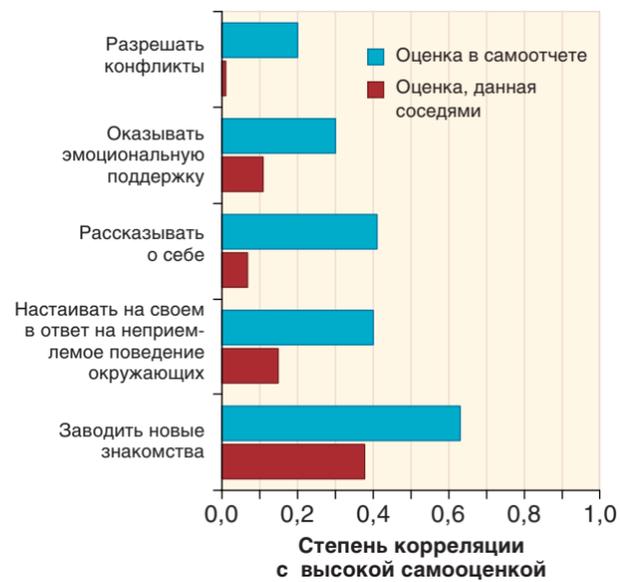
с незнакомцами, а личности, относящиеся к себе скептически, стараются воздерживаться от новых знакомств.

Можно предположить, что подобные нюансы могут также влиять на удачливость человека в любви. В 2002 г. ученые из Университета в Буффало пришли к выводу, что люди с низкой самооценкой часто ведут себя так, как будто постоянно опасаются быть отвергнутыми. Тем не менее, как выяснили исследователи, такое поведение не мешает нормальным семейным отношениям. Наоборот, угрозу семейному благополучию представляет повышенное самомнение партнеров. При возникновении проблем или конфликтных ситуаций самовлюбленные люди легче идут на разрыв отношений и начинают поиск нового партнера.

#### Секс, наркотики и рок-н-ролл

А что можно сказать о подростках? Каким образом их самооценка влияет на любовь и в особенности на половую активность? Результаты исследований не подтвердили гипотезу, согласно которой неуверенность в себе побуждает молодежь рано вступать в половые отношения из страха оказаться хуже других. Однако было выявлено, что самоуверенные подростки менее закомплексованы, более склонны к риску и эротическим

**САМООЦЕНКА И ОБЩЕНИЕ**



Исследование, проведенное среди студентов колледжей, выявило реальную связь между самооценкой и успешным общением с другими людьми. Однако соседи по общежитию зачастую совершенно иначе оценивали навыки общения испытуемых: для четырех из пяти пунктов корреляция с самооценкой упала ниже уровня статистической достоверности. Тем не менее, как и следовало ожидать, связь между самооценкой и умением заводить новые знакомства осталась хорошо выраженной.

ИСТОЧНИК: D. Buhrmester, W. Furman, M.T. Wittenberg and H.T. Reis in Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 55, pages 991–1008; 1988.

приключениям. Правда, неудачный сексуальный опыт или нежелательная беременность могут серьезно травмировать их и подорвать уверенность в себе.

Психологи долгое время полагали, что самолюбие помогает людям избежать алкогольной и наркозависимости, поскольку считалось, что именно слабые люди ищут утешения подобным образом. Однако данные исследований этого не подтверждают. В 2002 г. ученые из медицинской школы Университета в Отаго в Новой Зеландии обнаружили, что нет никакой связи между самооценкой в возрасте 9–13 лет и алкоголизмом или наркоманией в 15. Даже в тех случаях, когда некая закономерность все же прослеживается, она не выходит за рамки допустимой погрешности. Можно все же установить некоторую зависимость между употреблением наркотиков и низкой самооценкой. Снижение успеваемости может вызвать понижение самооценки, что, в свою очередь, порой приводит к употреблению марихуаны. Однако такая взаимосвязь встречается крайне редко.

Интерпретация результатов изучения пристрастия к алкоголю и наркотиками осложняется и тем, что одни люди приобщаются к ним из любопытства или в поисках необычных ощущений, в то время как другие, погружаясь в иллюзорный

мир дурмана, стремятся уйти от своих проблем. Поэтому никаких безоговорочных утверждений здесь сделать нельзя. То же самое относится и к табакокурению.

Кроме того, многие исследования включают в одну группу как людей со здоровым самоуважением, так и тех, кто лишь пытается продемонстрировать уверенность в себе или страдает нарциссизмом. Неудивительно, что в результате появляются сомнительные или противоречивые результаты.

**Причины агрессии**

На протяжении десятилетий психологи были убеждены, что низкая самооценка — одна из причин агрессии. Некоторые исследователи попытались опровергнуть это утверждение. Проанализировав многочисленные исследования, они пришли к заключению, что человек, осуществляющий преступный замысел, как правило, обладает хорошим или даже завышенным мнением о себе.

Дан Ольвеус (Dan Olweus) из Университета Бергена был в числе первых, кто усомнился в том, что под грубой внешней оболочкой хулигана скрывается страдающая и закомплексованная личность. Он не проводил непосредственных измерений самооценки подобных персонажей,

но заметил, что, согласно самоотчетам, агрессивные дети меньше других страдают от тревожности и вполне уверены в себе. По всей видимости, то же самое относится и к взрослым, склонным к насилию.

Придя к выводу, что высокая самооценка не снижает склонности к асоциальным действиям, не отражается на пристрастии к алкоголю, табаку, наркотикам и сексу и не влияет на успеваемость или профессиональный успех, мы задались целью посмотреть, каким

образом самомнение связано с представлениями о счастье.

Результаты исследований показали, что уверенные в себе люди меньше подвержены депрессии. Был проведен опрос более 13 тыс. студентов, который подтвердил, что высокая самооценка — важнейший фактор, определяющий степень общей удовлетворенности своей жизнью. В 2004 г. психологи из Калифорнийского университета в Риверсайде сообщили результаты другого исследования, в котором участвовало

**ДВА ПИСЬМА**

Как показывает исследование, проведенное в 1999 г. психологами из Университета Содружества Виргинии, попытки повысить самооценку у учащихся и таким образом поднять успеваемость могут привести к обратным результатам. В данном случае испытуемыми стали учащиеся колледжа, слушавшие курс психологии. Неуспевающие студенты были в самом начале эксперимента разделены на две равные группы с примерно одинаковыми оценками. Раз в неделю учащиеся из первой получали по электронной почте

сообщение, целью которого было повысить их самооценку (как в примере, приведенном слева). Вторая группа получала сообщения, которые должны были развивать в них чувство личной ответственности за свою успеваемость (справа). К концу курса средняя оценка у студентов первой группы упала ниже 50%, т.е. стала неудовлетворительной. Средняя оценка у учащихся второй группы составила 62%, что считается хотя и очень плохой, но все же положительной отметкой.

Группа 1

**ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ УСПЕВАЕМОСТЬ?**

Проведенные исследования показывают, что когда студенты получают на руки свои контрольные работы с выставленной оценкой, то часто теряют уверенность в себе, чувствуя себя хуже остальных. Однако другие исследования показывают, что ученики, обладающие высокой самооценкой, не только лучше учатся, но и более уверены в своих силах. Ученые попросили студентов записать, о чем они думали, когда стремились получить хорошие оценки. Те, кто с каждым разом учился все лучше и лучше, думали примерно так:

- «Я могу гордиться собой».
- «Мне это по силам».
- «Я лучше большинства других учеников этой школы».
- «Я доволен собой».

Студенты, успеваемость которых не улучшалась, думали так:

- «Мне стыдно за себя».
- «Я не достоин учиться в колледже».
- «У меня нет никаких способностей».

**Вывод:**  
Держи голову и свою самооценку выше.

Группа 2

**ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ХОРОШАЯ ИЛИ ПЛОХАЯ УСПЕВАЕМОСТЬ?**

Проведенные исследования показывают, что, анализируя полученные оценки, студенты часто сваливают плохой результат на влияние внешних обстоятельств. Ход их мыслей примерно таков: «Контрольная была слишком трудной», или «Профессор не разъяснил все как следует», или «Вопросы были чересчур каверзные». Однако результаты других работ показывают, что учащиеся, осознающие собственную личную ответственность за свою успеваемость, не только лучше учатся, но и осознают, что сами могут влиять на результаты своего труда. Ученые попросили студентов записать, о чем они думали, когда стремились получить хорошие оценки. Те, кто с каждым разом достигал все более высоких показателей, думали так:

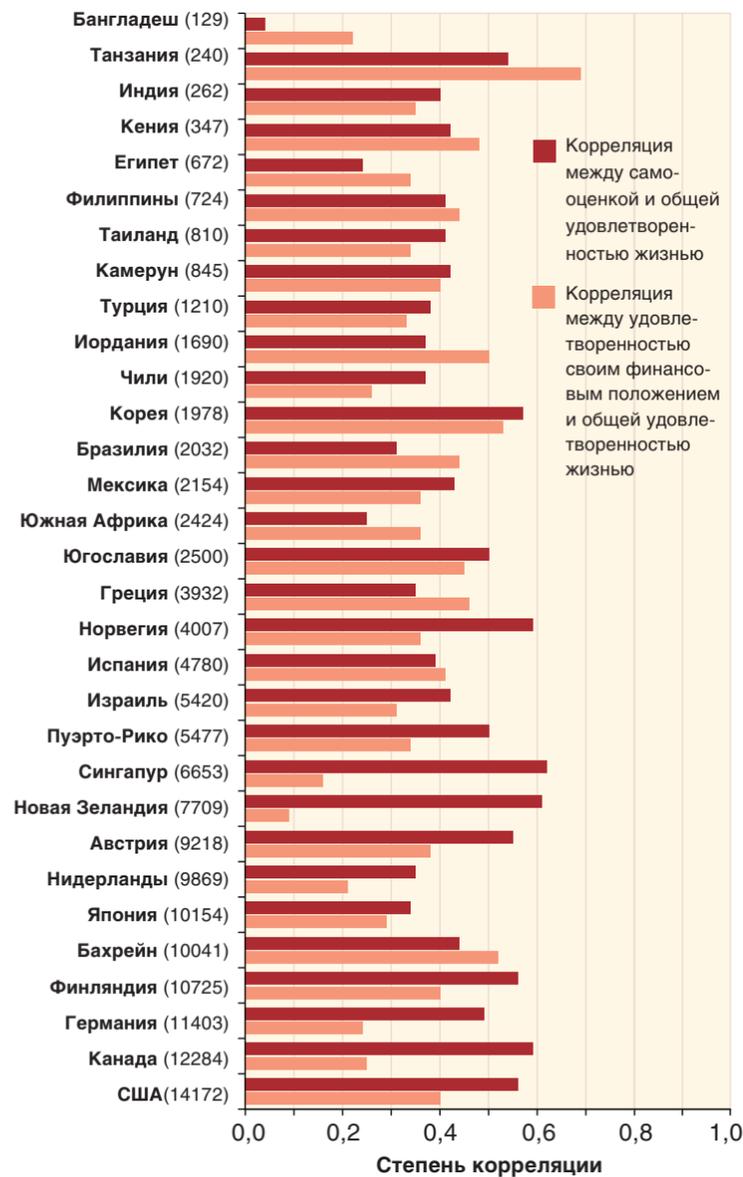
- «Мне нужно заниматься еще упорнее».
- «Я смогу выучить материал, если постараюсь».
- «Я могу контролировать то, что произойдет со мною на занятиях».
- «У меня есть все, что требуется».

Студенты, успеваемость которых не улучшалась, думали так:

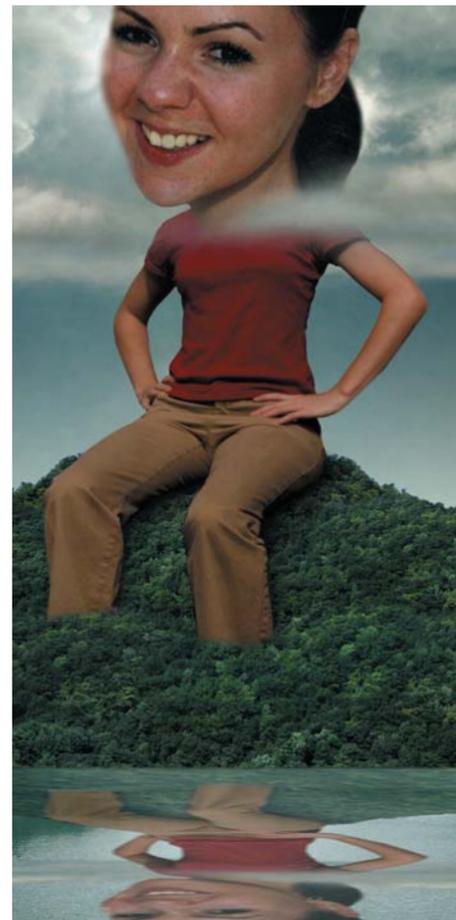
- «Это не моя вина».
- «Контрольная была слишком трудной».
- «Я не силен в этом предмете».

**Вывод:**  
Возьми на себя ответственность за свою успеваемость.

**САМООЦЕНКА И СЧАСТЬЕ**



Во всем мире общая удовлетворенность жизнью идет рука об руку с уровнем самооценки, на что указывает высокая корреляция между ними. Обратите внимание на то, что в большинстве стран общее довольство жизнью коррелирует с самооценкой сильнее, чем с удовлетворенностью своим финансовым положением.



ИСТОЧНИК: E. Diener and M. Diener in Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 68, pages 653–663; 1995.

более 600 человек в возрасте от 51 до 95 лет. И снова оказалось, что самооценка и ощущение счастья оказались тесно взаимосвязанными. Однако прежде чем можно будет с уверенностью сказать, что одно обеспечивает другое, необходимо провести специальные исследования, которые устранят недочеты всех предыдущих.

Во-первых, требуется выявить наличие причинно-следственной связи. Вероятно, человек

с высокой самооценкой склонен считать себя счастливым, но это не было доказано ни одним исследованием. Возможно, успех в профессиональной деятельности, учебе и личном общении одновременно дает и ощущение радости жизни, и хорошее мнение о своей персоне, а неудачи делают человека несчастным и неуверенным в себе. Скорее всего сама склонность индивида к позитивному восприятию мира обеспечивает ему высокую самооценку.

Во-вторых, следует признать, что понятие счастья (как, впрочем, и депрессии) было исследовано в основном путем опросов, и в результате склонность некоторых людей к негативному отношению к окружающим может обусловить как низкую оценку самих себя, так и других аспектов жизни. Действительно, нелегко доказать, что человек на деле куда счастливее (или несчастнее), чем он сам полагает. Очевидно, объективные оценки счастья и депрессии получить трудно, но это не означает, что оценки, данные в самоотчетах, следует принимать безоговорочно.

Должны ли родители, педагоги и врачи любой ценой пытаться поднять самооценку у своих подопечных? В некоторых случаях это весьма полезно, т.к. уверенный в своих силах человек

успешнее противостоит неудачам и хорошо работает в коллективе. А неудовлетворенность собственным имиджем может привести, например, к расстройствам аппетита, в особенности к булимии. Другие взаимосвязи труднее доказать объективно, но в целом мы склонны согласиться с тем, что самооценка и ощущение счастья идут рука об руку.

Однако если возросшее самомнение позволит некоторым людям требовать особого отношения к себе или же эксплуатировать окружающих, это приведет к негативным социальным последствиям.

Таким образом, мы не нашли доказательств того, что завышенная самооценка граждан способна принести какую бы то ни было пользу обществу в целом. ■

(В мире науки, № 4, 2005)





# ИСКУССТВО БОРЬБЫ СО СТРЕССОМ

Елена Соколова

Мы живем в открытом мире, где каждую секунду что-то происходит. Техногенные катастрофы, избыток негативной информации, страх перед неопределенностью порождают стрессовые состояния

**С**трессом мы часто называем состояние крайнего напряжения всех физических и моральных сил, которое испытывает человек в современном мире. Что такое стресс и дистресс? Каковы причины их возникновения? Как влияют техногенные катастрофы, природные катаклизмы, военные конфликты и террористические акты на психику людей? Почему мы столь подвержены стрессам и как им противостоять?

## Стресс и дистресс

В наши дни понятие «стресс» стало модным и распространенным. Именно им мы объясняем свое подавленное состояние, вызванное тяжелой работой, физическим или психическим перенапряжением, семейными проблемами, выходом на пенсию, смертью близкого человека, известиями о катастрофах и т.д. Не только обыватели, но и некоторые ученые склонны отождествлять биологический стресс с сильным эмоциональным напряжением, что в корне неверно, хотя нервное возбуждение и является одним из проявлений стресса.

Стресс не считается нарушением, это вполне естественное состояние, имеющее как позитивный, так и негативный аспекты. Любая ситуация, будь то посещение театра, первый поцелуй, партия в шашки, спортивная победа, способна вызвать стресс, который, однако, не причиняет никакого вреда организму. В современной психологии существуют два понятия: стресс как неспецифическая реакция активации биологических и психических возможностей организма на любое предъявленное ему требование, и дистресс — негативное эмоциональное стрессовое реагирование на ситуации, значительно превышающие адаптационные ресурсы человека.

Боль, страх, утомление, унижение, потеря крови, неожиданный успех, любовь, т.е. все то, что может привести к радикальной смене образа

жизни или устоявшихся представлений, относится к стрессогенным факторам, которые, собственно говоря, и порождают стресс как психофизиологическое состояние.

Говоря о стрессе, мы будем преимущественно иметь в виду дистресс, поскольку он способен нанести реальный вред нашему физическому и психическому здоровью. Ему подвержены, например, авиадиспетчеры, от внимания которых зависят жизни сотен людей, спортсмены, руководители и вкладчики банка, находящегося на грани банкротства, водитель, навстречу которому неожиданно выскакивает автомобиль или пешеход, человек, сидящий у постели безнадежного больного и т.д.

Обстоятельства, вызывающие стресс (стрессоры), провоцируют в организме ответную реакцию на раздражение. Парадоксально, но с точки зрения биохимии не имеет значения, положительные или отрицательные эмоции испытывает человек. Важно лишь то, что организм должен перестроиться и приспособиться к новым обстоятельствам. Так, во время войны женщина получила «похоронку» на своего единственного сына, очень тяжело переживала утрату. Но несколько лет спустя считавшийся погибшим вдруг вошел в дом — и радость вызвала у матери настоящий шок. Таким образом, и горе, и счастье задействовали в организме одни и те же адаптационные механизмы, позволившие ему справиться с потрясением и восстановить внутреннее равновесие.

## Миссия невыполнима?

Современный быстро меняющийся мир предъявляет жесткие требования к адаптационным способностям нашего организма. С этой точки зрения стресс можно расценивать не только как некую реакцию на экстремальные обстоятельства, но и как двигатель прогресса: люди просто

не выжили бы, не будь у них внутренних защитных механизмов, позволяющих приспосабливаться к обстоятельствам. Если перед человеком вдруг встает трудная или кажущаяся невыполнимой задача, то в ответ на вызов мобилизуются все душевные и физические силы, позволяющие преодолеть преграды.

В экстремальной ситуации в человеке порой просыпаются недюжинные способности: мать, спасающая ребенка, может перевернуть автомобиль, поднять огромное бревно, сдвинуть балку. Известны случаи, когда не обладающие особой физической силой подростки спасали утопающих или вытаскивали из огня взрослых людей, а хрупкие медсестры всю войну выносили с поля боя раненых.

Чаще всего люди совершают подвиги, не отдавая себе в этом отчета. Но иногда мобилизация внутренних ресурсов происходит осознанно: узники концлагерей, например, до конца боролись за жизнь, помогали друг другу, что позволило им в нечеловеческих условиях не только выжить, но и сохранить человеческое достоинство. Другой пример: при кораблекрушении чаще всего спасается тот, кто хватается за последнюю соломинку и не теряет надежды.

Таким образом, стресс — важнейший фактор выживания, дающий человеку силы отвечать на вызовы судьбы, бороться с несправедливостью, искать и не сдаваться. Это позволяет в полной мере ощущать прелесть жизни, радость победы, творческий подъем, что, безусловно, может считаться позитивным компонентом стресса. Но встречаются и «адреналиновые алкоголики»: люди, сознательно (или неосознанно) стремящиеся вновь и вновь испытывать «пьянящие» сильные эмоции, выходить за рамки обыденности. Отсюда — увлечение азартными играми, прыжками с высоты, экстремальным вождением и т.д. Однако погоня за острыми ощущениями может привести к самым печальным последствиям.

Порой люди становятся рабами собственных влечений и сами себе, а заодно и другим создают кризисные ситуации, постоянно существуют на грани стресса.

### Человек познается в... стрессе

К сожалению, экстремальные ситуации — войны, террористические акты, техногенные и природные катастрофы — стали в определенном смысле явлением обыденной жизни. Они порождают онтологическую тревогу, иными словами — беспокойство, подспудный страх.

Но в одних и тех же стрессогенных обстоятельствах люди различаются индивидуальными особенностями сенситивности и форм проявления стрессовых реакций. То, что для одного неприятность, для другого — трагедия. Один, узнав о беде, зарыдает, станет заламывать руки, кричать, а другой сохранит спокойствие, будет выглядеть даже равнодушным, постарается скрыть свои эмоции от окружающих и поддержать, успокоить тех, кто в этом нуждается. Получив радостную весть, кто-то проявит бурную радость, будет смеяться, хлопать в ладоши, кричать «ура» и прыгать как ребенок, кто-то лишь сдержанно улыбнется, а третий прольет счастливые слезы. В экстремальных ситуациях одни люди способны собраться, проанализировать, трезво оценить сложившуюся ситуацию и начать действовать сообразно обстоятельствам, а другие теряются и впадают в панику.

Некоторые люди оказываются более «стрессоустойчивыми», но не бесчувственными, другие легко поддаются под власть обстоятельств. К первым чаще всего относятся те, кто уже оказывался в сложных ситуациях и благополучно вышли из них. На их стороне — надежда, опыт, а значит, и уверенность в том, что они все смогут преодолеть. Люди второй категории более ранимы и зависимы от внешних обстоятельств. Неудачи, крушение надежд и иллюзий выбивают у них почву из-под ног. Они более других нуждаются в помощи и поддержке.

В критических ситуациях ярче всего проявляются как лучшие, так и худшие человеческие качества. Случается, что даже близкие люди ведут себя недостойно и предают именно тогда, когда нам не на кого опереться. Подобные разочарования, наступающие человека в самые тяжелые минуты его жизни, всегда болезненны, но и их необходимо пережить. Более того, из собственных страданий следует извлечь урок, чтобы, опираясь на свой печальный опыт, попытаться изменить к лучшему самого себя или пересмотреть свое отношение к миру.

Человек меняется и развивается вплоть до глубокой старости, причем ход этой эволюции во многом зависит от него самого. С возрастом приходят и понимание самого себя и других, и снисходительность, и мудрость. Конечно, в том случае, когда человек сумел достойно пройти свой жизненный путь. Однако бывает и негативное восприятие собственной жизни, и тогда человек превращается в сварливого, вздорного и жадного старика.



### Слабое звено

Наиболее существенные различия мировосприятия связаны с возрастом. Особенно уязвимы дети и пожилые люди. Но и здесь нужно иметь в виду широкий спектр индивидуальных различий в восприятии жизненных ценностей и в защитных адаптационных механизмах. Принято считать, что пожилые люди болезненно реагируют на смерть как таковую, поскольку это неизменно напоминает о завершении их собственного существования. Но встречаются примеры и совсем иного рода. Кто-то спрячет страх смерти под маску защитного равнодушия, цинизма и даже злорадства: «Пусть он умер, но я-то жив!» Больной, беспомощный, одинокий, лишившейся всего того, что когда-то составляло смысл жизни, может желать смерти как избавления от невыносимых страданий. Писатель Ромен Гари (он же Эмиль Ажар), герой Второй мировой войны, получивший орден Почетного легиона из рук самого де Голля, дважды лауреат Гонкуровской премии, покончил жизнь самоубийством именно тогда, когда, казалось бы, достиг чуть ли не совершенства. Так и герой его автобиографического романа «Обещание на рассвете», выполнив завещанное матерью и исполнив сыновний долг, уходит в море-океан, вечный символ покоя, безбрежной материнской любви и смерти.

Осознание конечности бытия и принятие смерти приходит довольно поздно, вместе с жизненным опытом, вместе с особым, немногим доступным смирением и всепрощающей мудростью. Так полагала старуха Анна из «Последнего срока» Валентина Распутина: «Неправда, что на всех людей одна смерть — костлявая как скелет, злая старуха с косою за плечами. Старуха верила, что у каждого человека своя собственная смерть, созданная по его образу и подобию».

Для детей же смерти как понятия не существует. Но они глубоко переживают крах своих представлений о мире, резкое изменение привычного течения жизни. В идеале картина детского мира проста и отмечена позитивными знаковыми ориентирами: мама — самая красивая и добрая, папа — самый сильный и смелый, бабушка — самый справедливый и мудрый, бабушка — самая заботливая и любящая, младшая сестра — беззащитная и ранимая и т.д. Ребенок склонен идеализировать и преувеличивать. Созданный его воображением и страстным желанием теплый детский мирок рождает чувство защищенности и уверенности. Но порой наступает момент, когда младенческие представления о жизни рушатся — например, когда отец уходит в другую семью. Для ребенка это подобно землетрясению в масштабах семьи. Такое событие может стать первым серьезным стрессом для маленького человека, крушением основ его мироздания и утратой ценностных ориентиров, которые ассоциируются прежде всего с родными. Разрыв между родителями очень глубоко переживается детьми и подростками, потому что разрушает стабильную и ясную картину мира, ставит под сомнение незыблемость самих основ их эмоциональных связей с другими и собственной самооценки: «Значит, я глубоко ошибался в самых близких людях, они оказались совсем другими — значит, впредь никому нельзя доверять!»

Страдание ребенка выражается своеобразно, почти бессловесно. В лексиконе и опыте малыша просто не хватает слов, которыми он может выразить весь тот ужас, который испытывает. Внимательные родители по ряду признаков могут понять, насколько сильны страдания их чада. Его душевное состояние часто принимает формы чисто физиологических нарушений и недомоганий: болит животик, поднимается температура, ребенок вдруг перестает самостоятельно есть и одеваться, становится рассеян, раздражителен, плаксив. Малыш буквально заболевает. Таким образом у него проявляются

непосредственные острые состояния стресса на соматическом уровне, как будто он нам, взрослым, жалуется языком своего тела.

Если человеку не помочь вовремя, последствия пережитого могут оказаться очень серьезными. Как ребенку, так и взрослому необходима поддержка близких, чтобы вместе пережить то горе, страх, трагедию, утрату, которые выпали на его долю, или помощь специалистов. Иногда требуются не только специальные психотерапевтические методики, но и лекарственная терапия (См. ст.: Марк Солмс «Фрейд возвращается». С. 137). Однако на определенном этапе стресса вовремя сказанное доброе слово может оказаться важнее любых пилюль.

### Разгул стихий

Мы живем в открытом мире, где каждую секунду что-то происходит. Сегодня средства массовой информации мгновенно разносят по свету вести о страшных и зловещих событиях, будь то война в Ираке, авиакатастрофы, гибель астронавтов, ураганы, землетрясения, техногенные катастрофы и т.д.

Потоки обрушивающейся на людей негативной информации, постоянное ожидание чего-то ужасного, страх перед неопределенностью порождают стрессовые состояния.

Разумеется, трагедии с многочисленными жертвами случались во все времена. Однако тогда информация не распространялась столь стремительно, как сегодня. Впрочем, бывали катастрофы, столь потрясшие мир, что память о них пережила века и стала неким символом бедствия. Таково извержение Везувия, погубившего Помпею в 79 г. н.э., страшное землетрясение 1908 г., разрушившее в Италии Мессину и еще 25 городов, ставшая легендой гибель «Титаника».

Природные катаклизмы, конечно, не всегда воспринимаются как трагедия. Например, если замерз водопровод, мы считаем, что произошла авария местного масштаба, а вот снежные заносы способны парализовать жизнь целого города, остановить движение по автострадам и работу аэропорта. Многие люди в таких ситуациях чувствуют себя отрезанными от цивилизации, беспомощными и брошенными на произвол судьбы. Подобное восприятие действительности нашло свое отражение в современном искусстве, скажем, в романе Артура Хейли «Аэропорт», по которому был снят одноименный фильм, или в советской киноленте «Экипаж».

Однако на самом деле сейчас мы гораздо надежнее защищены от капризов погоды, чем люди

прошлых веков. Несколько сотен лет назад человек был более тесно связан с природой, его жизнь во многом зависела от того, выпадет ли дождь, град, снег, будет ли засуха и т.д., он был беззащитен перед стихиями, но воспринимал их как данность и неизбежное зло. Наши предки гораздо проще относились к слякоти, ливню или снегопаду, которые не могли помешать им выйти на улицу, т.к. в противном случае они рисковали остаться без еды, воды, тепла. А о стихийных бедствиях, происходивших на другом конце Земли, никто не знал. Более того, разгул стихий воспринимался как божья кара, т.е. нечто не только неизбежное, но как наказание за некие грехи, которое должно претерпеть со смирением и страданием очиститься. С точки зрения современной психологии это был весьма мудрый подход: если не можешь изменить обстоятельства, измени свое отношение к ним.

### Все автоматизировано!

Индустриальное общество, в котором мы живем, со всеми атрибутами цивилизации — автомобилями, самолетами, водопроводом, электричеством, информационными технологиями, телефоном, автоматизацией домашнего труда, разветвленной сетью супермаркетов — порождает иллюзорное ощущение защищенности от любых невзгод, в том числе и бытовых. Но что будет, если механизм сломается, не сработает? Что произойдет, если вирусы проникнут в компьютерные сети и парализуют работу банков? Вдруг произойдет сбой энергоснабжения? Множество хитроумных машин освобождают человека от стирки, готовки, облегчают глажку, уборку, робототехника вторгается в наш быт и делает его комфортным. Мы привыкли жить со всеми удобствами, поэтому поломка стиральной машины или сгоревший в микроволновой печи ужин могут вызвать настоящий стресс. Что же говорить о более серьезных авариях! Современный человек совершенно разучился делать что-то самостоятельно и чувствует себя абсолютно беспомощным, когда привычные бытовые приборы вдруг отказывают. Страх оказаться в зависимости от механизмов тоже может приобретать гипертрофированные формы. Такое противоречие между современным уровнем технического развития и особенностями его психологического восприятия отдельными людьми находит отражение в кинематографе последних лет. Одним из самых ярких примеров стал фильм «Терминатор-3. Восстание машин» режиссера Джонатана Мостоу.

### Одни дома

Похоже, современного человека стресс подстерегает на каждом шагу. Казалось бы, переселение в новый дом — что может быть приятнее? Но, как гласит народная мудрость, переезд и ремонт равносильны стихийному бедствию. После того как волнения, связанные с самим переездом, остались позади, новая удобная квартира должна радовать новосела. Однако здесь кроется новая причина стресса: изменение привычного уклада жизни и окружения может вызвать непредсказуемые реакции. Сегодня каждый район Москвы похож на небольшой город, поэтому перемещение в другой район или переселение из пятиэтажки в большой многоквартирный дом может кардинально изменить образ жизни человека.

Уходящие в прошлое старые дворы с их палисадниками, бабушками на скамеечках, наблюдающими за жизнью соседей, старичками, играющими в домино и шашки и обсуждающими последние новости, детьми в песочнице, подростками с гитарами, собачниками стали олицетворением определенного уклада жизни. Все это походило на своеобразный клуб по интересам, членом которого мог стать каждый. Для пожилых людей подобное времяпрепровождение было зачастую единственным способом общения, возможностью чувствовать себя в гуще событий.

Жители новых огромных многоэтажных комплексов, как правило, остаются чужими друг другу, даже соседи по лестничной клетке зачастую не знакомы. Раньше даже в коммунальных квартирах, несмотря на неудобства и ужасающие бытовые условия, люди чувствовали себя гораздо сплоченнее. Многие пожилые люди почти с ностальгией вспоминают те времена, когда жили тесно, скудно, но, по их воспоминаниям, дружно и весело (скандалы на коммунальных кухнях были своего рода правилом игры и чуть ли не развлечением). Разумеется, ощущение причастности к некоему социуму было иллюзорным, однако давало вполне реальное чувство тыла, защищенности. Сегодня, в эпоху расцвета индивидуализма, человек остается один на один со своими бедами. Проблема одиночества в большом городе становится все более актуальной и нередко оборачивается серьезным стрессом. Особенно страдают от одиночества старики.

### Изнанка прогресса

Жесткий ритм и нестабильность, индустриализация общества и жизнь в мегаполисах

провоцируют постоянный стресс и желание спрятаться от него. Впрочем, неприятие прогресса — не новость. Вспомните Обломова, который «проснулся» в новом, чуждом ему рациональном мире, где ему стало неуютно, и залег на диван. Современному человеку тоже свойственно подобное бегство от действительности, которое принимает самые разнообразные формы. Одни погружаются в виртуальный, другие — в подводный мир, модный в последние годы экотуризм и поддаются стремлению провести отпуск на далеких островах, куда не ступала нога человека. Все это попытки вернуть себе душевное равновесие. Но не у каждого есть возможность и желание замкнуться в своем мирке. Современному человеку приходится ждать подвоха даже там, где его быть не должно. Так, возможность путешествовать, видеть мир — безусловное благо. Но необходимость часто и ненадолго переезжать из страны в страну, связанная чаще всего с работой или обучением за границей, требует всякий раз приспосабливаться к различным часовым поясам, обычаям, языкам, особенностям кухни и т.д. В результате состояние человека дестабилизируется, у него появляется ощущение, что он вырван с корнем из родной почвы, стал бездомным и никому не нужным, затерялся в огромном бездушном пространстве.

### Жертва благополучия

Как ни странно, удовлетворение желаний, богатство возможностей, успех все же не делают людей счастливыми. На определенном этапе они становятся заложниками собственного благополучия. Человек, считающий себя успешным и состоявшимся как личность, хочет добра и своим близким. Но такое стремление нередко принимает лишь внешние формы, лишённые внутреннего наполнения, тепла и искренности. Одни стремятся во что бы то ни стало улучшить качество жизни своих родных, не спрашивая их собственного мнения, не сомневаясь, что им одним ведома непреложная формула счастья. Другие сводят свои благодеяния к обеспечению чисто внешнего благополучия. Обе ситуации чреватые для всех участников нешуточными стрессами. Серьезными нарушениями грозит и погоня за успехом, причем страдает не только физическое и психическое здоровье человека, но и семейная жизнь. Последнее время постоянными клиентами психологов и психотерапевтов все чаще становятся бизнесмены, менеджеры высшего звена, а также их жены.

### Помоги себе сам

Когда происходят драматические события, на место трагедии выезжают врачи, психологи, психотерапевты, социальные работники, призванные оказать экстренную помощь пострадавшим, многие из которых находятся в критическом состоянии. Однако что делать, пока помощь еще не пришла?

Практически каждый человек в состоянии самостоятельно забинтовать порезанный палец, точно так же человек, оказавшись в критической ситуации, должен уметь оказать себе «скорую психотерапевтическую помощь».

Первое, что необходимо предпринять в любой нестандартной ситуации, — приказать себе успокоиться и проанализировать положение. Конечно, все зависит от конкретных обстоятельств. Так, в самолете непременно инструктируют: «В случае разгерметизации сначала наденьте маску на себя, а потом на ребенка». Казалось бы, логичнее сначала позаботиться о самых беспомощных, а затем о более выносливых. На самом деле все очень



разумно: если взрослый потеряет сознание, то ребенка уже никто не спасет.

Оказавшись под завалом, нужно оценить обстановку. Если рука или нога зажаты, можно попробовать высвободиться, но если это невозможно, лучше не делать лишних движений, сохранять силы, не паниковать, ждать помощи, не позволяя себе отчаиваться. Кроме того, следует обратить внимание на окружающих. Осознание того, что ты не одинок и что вокруг есть люди, может оказать мощную психологическую поддержку. Общая боль может и должна объединить пострадавших.

Особенно тяжело переживают кризисные ситуации индивидуалисты, которые считают, что они одни на свете, полагаться должны только на себя и никто им не поможет. Но однажды они обнаруживают, что их окружают люди, которые находятся в таком же положении и готовы протянуть руку помощи. И тогда, возможно, произойдет чудо — человек не раздумывая, а всем своим существом внезапно почувствует: «Я не один, я рядом с другими, они — рядом со мной, мы обязательно поможем друг другу!» Просыпается желание не только спасти себя, но и поддержать собратьев по несчастью. Это уже не паника, не апатия безнадёжности, а основанное на трезвой оценке ситуации, активно конструктивное и сочувственно кооперативное отношение к чрезвычайной ситуации.

Драматичность стрессовых состояний в том, что одних они мобилизуют, а других деморализуют. Самое страшное проявление стресса — всеобщая паника, которая как цепная реакция передается от человека к человеку и мешает действовать рационально. Альтернатива панике — целеустремленное и разумное оказание помощи себе и другим. Когда человек выходит за пределы собственного страдания и стремится облегчить судьбу других, он тем самым преодолевает собственные боль, страх и стресс.

### Преодолеть стресс

После взрывов в метро, обвала в аквапарке некоторые люди стараются реже выходить из дома, боятся ездить в общественном транспорте и находиться в местах скопления народа. В метро они испытывают беспричинный страх, удушье, теряются, пребывают на грани обморока. Такое состояние может быть связано с вегето-сосудистой дистонией, но чаще оно возникает как реакция на страх, пусть даже необоснованный. В такой ситуации необходимо оглянуться на окружающих, которые ведут себя спокойно



и адекватно, подумать, чем вызвано недомогание. Если есть опыт преодоления подобных ситуаций, им надо воспользоваться. Если нет, соберитесь с силами и скажите себе: «Я не позволю себе потерять сознание, все нормально, я хорошо себя чувствую, и мне ничего не угрожает. Сейчас сделаю вдох, выдох» и т.д. Дурнота и вправду отступает. Когда человеку кажется, что он находится во власти болезненных эмоций, надо последовать простому житейскому правилу и сосчитать до десяти — это поможет переключить внимание и вернуть способность трезво мыслить.

Преодолеть стресс сразу после трагедии нередко помогает арт-терапия — один из видов лечения посредством творческого самовыражения, дающего возможность выплеснуть эмоции. Такой прием оказывается действенным, когда человек еще не в состоянии связно говорить, но может, например, рисовать. Например, после катастрофы в метро к психологу обратилась женщина, ставшая свидетелем трагедии. Сама она не пострадала, но ей необходимо было выговориться, объяснить и понять, что произошло, осознать,

почему она так сильно мучается. Ее речь была нечленораздельна, мысли путались. В таких случаях специалисты рекомендуют попробовать говорить на других языках, если пациент владеет ими, или нарисовать свое состояние. В ходе бесед с психологом человек, попавший в беду, рисует, и от картинке к картинке начинает меняться колорит, от беспредметных, но эмоционально насыщенных образов, передающих стрессовое состояние, пациент переходит к условно предметным, спокойным изображениям. Постепенно человек начинает осознавать, что именно с ним произошло и как жить дальше. Практика показывает, что люди с посттравматическими стрессовыми расстройствами, как правило, нуждаются в наблюдении специалистов, а нередко и в продолжительной комплексной психотерапевтической помощи с применением методов когнитивной психотерапии и психоанализа.

Люди воспринимают стресс по-разному. Если одних психотравмирующий опыт душевно закаляет, других, напротив, разрушает. Одним из таких последствий может стать своего рода «пожизненная виктимность». Последнее очень опасно: ощутив себя жертвой насилия, человек нередко снова и снова попадает в похожие ситуации, а устав быть жертвой, нередко превращается в безжалостного мстителя, начинает проявлять агрессию.

Дети требуют особого подхода. Маленькие жертвы физического или сексуального насилия часто впадают в ступор. Чтобы им помочь, их ненавязчиво вовлекают в спонтанные действия, включающие раскрепощающие движения, — танцы, рисование, чтобы они могли невербально языком тела выразить свои горе, страх, страдание посредством постепенной гармонизации движений, а не разрушительных актов, таких как битье посуды, драки и т.д. Некоторые люди, стремясь выразить свое внутреннее состояние, начинают писать стихи. Как физическое движение, так и творческие порывы становятся важным противодействием стрессу.

Если вовремя и правильно не снять последствия стресса, в дальнейшем это может отразиться на психическом и физическом состоянии человека, привести к устойчивым деформациям психики. В последние десятилетия в психологии и психиатрии появился специальный термин для обозначения комплекса душевных расстройств и физических недомоганий, связанных с последствиями перенесенной психологической травмы, — «синдром выжившего» или

посттравматический стрессовый синдром. Впервые термин стали применять при работе с американскими солдатами с вьетнамским синдромом. Потом оказалось, что сходные расстройства отмечаются у многих людей, оказывавшихся в чрезвычайных обстоятельствах. Это и чернобыльские ликвидаторы, и вынужденные мигранты, и мирные граждане, живущие в зоне военных конфликтов.

Сейчас уже точно известно, что необходима активная терапия и предупреждение стрессовых посттравматических расстройств, часто имеющих скрытую форму и выражающихся в виде физических недомоганий и болезней, которые становятся отражением психического состояния. Постоянная подавленность, невозможность избавиться от мыслей об увиденном и пережитом, рассеянные головные и сердечные боли, фобии, ночные кошмары — все это может быть последствиями неизжитого стресса.

Психика человека сложна и тесно связана с его душевным и физическим состоянием. С одной стороны, удары судьбы провоцируют стресс, мобилизуя внутренние резервы души и тела человека. С другой — они показывают предел его возможностей, перешагивать который опасно.

### Очищающая сила искусства

Опыт одного человека крайне ограничен, но существуют культура, традиции, ритуалы, обряды, помогающие человеку, с одной стороны, легче пережить горе, отвлекающие его внимание от трагических событий и заставляющие сосредоточиться на конкретных задачах (например, поминки). С другой стороны — определенные ритуалы, сложившиеся веками, передают опыт предыдущих поколений, и человек, следуя им, знает, как себя вести в конкретной ситуации. Кроме того, великое искусство может подсказать, как реагировать в том или ином случае, представив некий образ и обстоятельства жизни вымышленных персонажей. Недаром говорят, что искусство выдумывает правду по аналогии (кстати, психиатры и психологи многое черпают из литературы и живописи).

Роль искусства как общественного явления состоит в том, чтобы провести человека через катарсис. Литература, музыка, живопись, скульптура раскрывают многие тайны человеческой души, показывают нам человеческие страсти и пороки, душевные метания и раздирающие страсти, мучительные сомнения и путь к свершениям, горькие разочарования и трагические утраты. Выдающиеся художники и писатели умеют необычайно

точно и доступно выразить сокровенные движения человеческой души. Читатель, зритель, пройдя через хитросплетения судеб героев, опосредованно пережив страдания, которые выпали на их долю, проходит через процесс очищения. И опыт вымышленного персонажа становится его собственным эмоциональным опытом. Добрый и прекрасный в своей простоте и назидательности фильм «Форрест Гамп» режиссера Роберта Земекиса с Томом Хэнксом в главной роли потряс многих, показав, на что способен человек в экстремальных ситуациях. Захватывающая, глубокая, тонкая, добрая и трогательная история рассказана от лица главного героя Форреста Гампа, которого наверняка отправили бы в «лесную школу» для дебилов, если бы не самоотверженность его матери, сделавшей для своего ребенка все возможное и невозможное.

Форрест был калекой, ходил с помощью специальных подпорок на ногах. Но однажды он попал в безвыходную ситуацию, которая должна была закончиться его гибелью. В состоянии сильнейшего стресса, на пределе возможностей, спасаясь от насильников, он вдруг побежал. И оказалось, что он может бегать очень быстро, что повлияло на всю его дальнейшую жизнь. С тех пор ему во всем сопутствовал успех. Психологическое раскрепощение героя достигается за счет преодоления внешних трудностей и собственных несовершенств и недостатков. Фильм показывает, что любые трудности преодолимы, и заставляет по-новому взглянуть на тех людей, от которых в повседневной жизни мы стараемся откеститься или просто не замечать, чтобы не расстраиваться и не испытывать неловкость.

Говоря о произведениях искусства, хочется обратить внимание на книгу Павла Санаева «Похороните меня за плинтусом», исповедальную повесть Рубена Гальего «Белое на черном», роман Питера Хега «Условно пригодные». Все эти глубоко трагические и светлые произведения ненавязчиво учат сопереживать чужому страданию, «прыгать через лужи» и несут огромный психотерапевтический потенциал.

Стресс постоянно сопутствует нам, поэтому мы должны отдавать себе отчет в тех факторах, которые способны его вызвать, и уметь контролировать собственное душевное состояние и поведение. Человек должен помнить, что он не один в этом мире. Как великие произведения искусства, так и экстремальные ситуации помогают нам понять самих себя и помочь тем, кто нуждается в поддержке. ■

(В мире науки, № 10, 2004)



# НАУКА О ЧЕЛОВЕЧЕСТВЕ

## IV

В отличие от знания, образованности и информированности мудрость есть способность принимать и усваивать опыт жизни предыдущих поколений, без чего невозможно развитие науки и культуры, а значит, и цивилизации.

*Виктор Садовничий*





# ПУТЬ МУДРЕЦА

Виктор Садовничий

В отличие от знания, образованности, информированности мудрость есть способность принимать и усваивать опыт жизни предыдущих поколений, без чего невозможно развитие науки и культуры, а значит, и цивилизации

Со времен античности и до наших дней философская мысль в той или иной мере определяла пути развития культуры и социума, однако до недавнего времени она была скорее камерным феноменом, уделом немногих избранных, властителей дум. И только на рубеже XX–XXI вв. философия «вышла на публику», стала одним из важнейших факторов, формирующих общественное сознание.

Рост ее влияния на жизнь и мировоззрение людей связан с целым рядом процессов. Прежде всего — с глобальной интеграцией, охватившей все сферы человеческой деятельности. Очевидно, что без философского взгляда на мир невозможно наладить диалог различных культур и разрешить конфликты. С другой стороны, эта область научного знания необходима для осмысления достижений фундаментальной науки и тех проблем, с которыми сталкиваются квантовая механика, общая теория относительности, нейрофизиология и другие дисциплины.

Сегодня чрезвычайно важно определить статус научного знания в современном мире, его отношение к мудрости и различным вненаучным формам взаимоотношений человека и мира.

## О мудрости

Для античного мыслителя мудрость — идеал знания. Само слово «философия» переводится как любовь к мудрости, «любомудрие». Известный французский историк античной философии и культуры Пьер Адо писал, что в древнем мире мудрость рассматривалась как способ бытия, как состояние человека, существующего совершенно иначе, нежели остальные люди. А смысл философии — упражнение в мудрости, которое заключается не только в том, чтобы говорить и рассуждать, но и в том, чтобы определенным образом действовать, смотреть на мир. Однако, как считает русский философ, заслуженный профессор МГУ Г.Г. Майоров, непосредственное отношение человека к окружающему, свойственное

античным мудрецам, в наше время утеряно. Наука, соблазнив человека иллюзией всемогущества, привела его к отчуждению от природы, от самого себя и себе подобных.

Между тем истинная мудрость немислима без этического аспекта, предполагающего связь человека с целым и целостность его собственного духовного опыта. Один из крупнейших философов науки XX столетия А. Уайтхед писал, что «интеллектуальная деятельность расцветает за счет Мудрости. До определенной степени понимание есть исключение причин противоречий в интеллекте. Но Мудрость стремится к более глубокому пониманию, для которого важны и пробелы в системах понятий. Эти три составляющих духа — Инстинкт, Интеллект, Мудрость — не могут быть оторваны друг от друга. Здесь целое как бы проявляется в своих частях, а части возникают из целого». Знанию противостоит незнание, а мудрости — глупость, которая подчас оказывается оборотной стороной невежественного всезнайства. Но в глазах толпы и наивность гения подчас выглядит глупостью.

Для русской философии мудрость всегда имела особый смысл, ее одухотворяла не только свойственная нашему менталитету рефлексия и обращение к различным формам научного знания, но и живой религиозный мистический опыт, переживание присутствия в мире божественной Мудрости — Софии. В отечественной философии существовало целое направление, именуемое софиологией, почти все его представители были профессорами и приват-доцентами Московского университета — это и В.С. Соловьев, и братья С. и Е. Трубецкие, и С.Н. Булгаков, и А.Ф. Лосев. У них были, однако, и оппоненты. Так, профессор Московского университета Г.Г. Шпет видел в мудрости лишь одну из разновидностей псевдофилософии, далекой от рефлексии и чистого знания. По его мнению, мудрость более свойственна восточной, нежели западной культуре.

Надо сказать, что понятия «знание» и «мудрость» не обуславливают друг друга. Первое по сути своей тяготеет скорее к рациональным понятиям и допускает количественные и качественные оценки, а мудрость ближе к моральным, нравственным, житейским категориям и не подлежит измерению. И впрямь — как измерить мудрость? Можно сравнить двух знатоков (хотя и достаточно условно), поскольку имеются некие критерии знания, но эталона мудрости просто не существует.

### О знании

Мудрость являет собой опыт многих поколений, накопленный и проверенный веками и тысячелетиями. Однако истинных мудрецов за всю историю человечества было не так много, ибо большинство даже очень умных людей вовсе не стремится к философскому осмыслению бытия, довольствуясь насущными задачами повседневности.

Человеку, однако, свойственен «инстинкт познания», поскольку именно таков путь развития и залог благополучия и защищенности. Постигая новое, люди приобретали опыт, на который опирались в повседневной жизни, передавали его из поколения в поколение, что позволяло обеспечить более комфортное и безопасное существование. В конце концов естественное любопытство и практические интересы породили науку.

В настоящее время она разветвилась на сотни направлений, человек многое узнал об окружающем мире и о самом себе, однако на большинство важных вопросов ответа до сих пор нет. И самой трудной задачей оказалось познание самого себя. Внутреннее «я» человека, мотивации его поведения остаются величайшей загадкой природы, мы по сей день не знаем, есть ли у человека душа и что представляет собой его сознание, разум.

**АВГУСТИН** учил, что между мудростью, которая обретает знание в свете вещей божественных, и знанием, которое добывается в сумерках сотворенных вещей, существует отношение иерархии; знание есть благо и достойно любви, но оно не превышает мудрости. В интерпретации французского философа **ЖАКА МАРИТЕНА** знание, если не по своей природе, то, по крайней мере, по своей динамике и отношению к жизни человека принадлежит к категории полезного, а мудрость — к сфере плодотворного.

### Моральный аспект знания

Производство знаний — процесс бесконечный. Вряд ли когда-либо наступят времена, и мы получим ключ ко всем тайнам, разрешение одних загадок будет неизменно ставить перед учеными все новые и новые. Но существует ли «чистое знание», стоящее вне добра и зла?

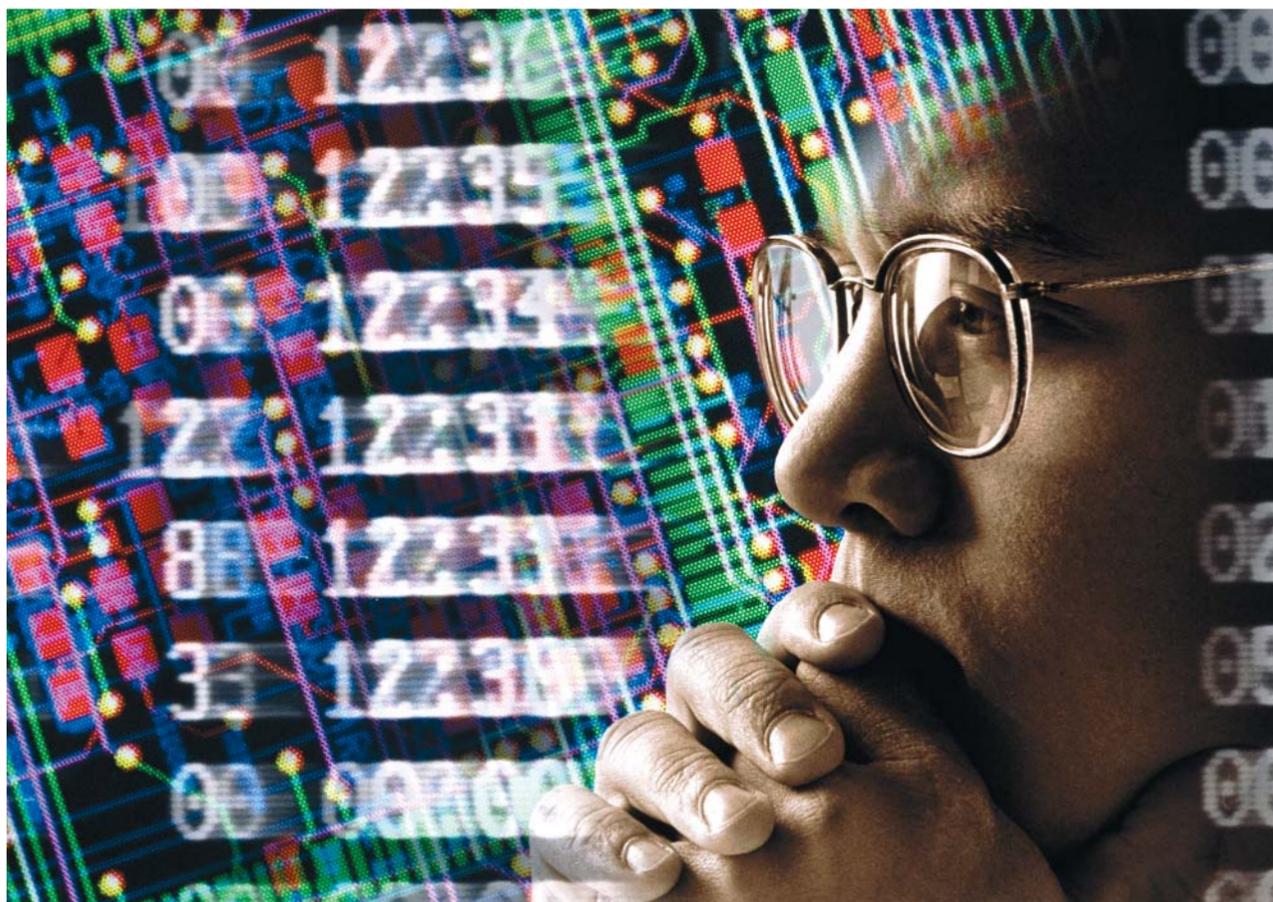
На протяжении всей истории становления и развития науки одни ее достижения используются во вред, другие — на пользу человеку. Общеизвестна история создания и применения ядерного, химического, биологического оружия, ставшего причиной гибели миллионов. Таков пример аморального использования научного знания. Но другие открытия ученых помогают спасти жизни — так, внедрение методов генной инженерии в сельское хозяйство позволило частично решить продовольственную проблему, чего невозможно было достичь обычными путями. Медицина также переходит на принципиально новый уровень.

Однако новые открытия ставят и новые проблемы, в том числе и морально-этического свойства. На заре атомной физики человеку казалось, что он может выступать в роли наблюдателя, который стоит вне исследуемой им и подвергающейся его воздействию Природы. Вскоре, когда стало ясно, что радиоактивное излучение смертельно опасно, пришло понимание, что человек не может отойти от природы на почтительное расстояние и отстраненно лицезреть происходящее, оставаясь вне зоны досягаемости. Но, осознав в той или иной мере свою неотделимость от природы, он все же думает, что может защититься от нежелательных последствий своих манипуляций. Однако, например, генная инженерия, т.е. прямое и ничем не контролируемое вмешательство в эволюцию живой материи, такой возможности, пусть даже косвенной, человеку не оставляет. Сегодня никто не может даже приблизительно оценить те последствия, которые повлечет за собой размножение искусственно созданной живой материи. Таким образом, наука приобрела качественно новое, до сих пор неизвестное моральное измерение.

### О цивилизационном развитии

Вмешательство в эволюцию живого — не единственное неизвестное в сложном уравнении будущего цивилизации. Не менее трудно предугадать развитие другого ключевого процесса, связанного с глобализацией и на глазах меняющего картину мира, — речь идет об информатизации. В конце XX столетия, когда заговорили о создании





единого мирового информационного пространства, знания стали использоваться для наращивания экономической мощи. Появились «ноу-хау» — научные тайны, которые тщательно охраняются корпорациями и государством и зачастую направлены на достижение превосходства над другими народами. События последних лет наглядно демонстрируют, как, обладая высокими технологиями, сильные державы подавляют более слабые, навязывая им свою волю. Для подобных действий уже изобретен свой термин — «гуманитарная интервенция».

Изобретение и внедрение компьютерных технологий, несомненно, отразилось на жизни общества, однако не следует думать, что информационная революция приведет к скорой смене цивилизационного развития. Причина чисто экономическая и даже энергетическая: дело в том, что в ближайшие 50–70 лет основным источником получения необходимой энергии по-прежнему будут невозобновляемые естественные ресурсы — нефть, газ и уголь. Какими бы хитроумными электронными системами управления ни был оснащен автомобиль, самолет или океанский лайнер, принципиально ничего не из-

менится, поскольку в основе действия механизма все равно останется двигатель внутреннего сгорания. Так что развитие человечества в XXI в. скорее всего окажется неотделимым от борьбы за сырье и ресурсы, которая будет вестись посредством информационных технологий. Для осуществления же цивилизационного скачка необходим переход на принципиально новый источник энергии, топливо будущего.

### Заглянуть в будущее

Существенная разница между человеческой мудростью и научным знанием заключается и в том, что первая склонна предостерегать и воздерживаться от необдуманных действий, основываясь на опыте прошлого, вторая же любой ценой стремится к новым горизонтам. Мудрость оглядывается назад, наука смотрит вперед, однако ни та, ни другая не способна в конечном итоге к эффективному прогнозированию.

В 30-е гг. прошлого века президент США Ф. Рузвельт поручил своей администрации провести обширное исследование в области перспективных технологий. Но даже лучшие ученые и инженеры не смогли тогда предсказать появление

ни телевизора, ни пластмасс, ни реактивных самолетов, ни трансплантируемых искусственных органов, ни лазеров, ни даже шариковых ручек, при том что физические явления, использованные впоследствии для их создания, к тому времени были открыты и хорошо изучены. Делать научные, а тем более технические и технологические расчеты на будущее весьма сложно. Вероятно, в наступившем столетии генеральное направление развития науки будет связано с повышением эффективности научного прогнозирования, в частности, таких его методов, как гипотеза, экстраполяция, интерполяция, мысленный эксперимент, научная эвристика и др. Любое предположение в большей или меньшей степени опирается на определенные вычисления и логические построения, однако на сегодняшний день математическая теория прогнозирования не располагает ни достаточно глубокой теоретической основой, ни соответствующим инструментарием, ни обширной областью применения, что особенно важно с практической точки зрения. Результат будет зависеть от того, насколько органично удастся соединить теоретическое (научное) и практическое (внеаучное) знание, политику (т.е. прагматическое использование информации в интересах власти и экономики) и даже мифы и легенды.

Если естественнонаучные теории будущего весьма спорны, то еще менее убедительны они в гуманитарной сфере, которая, выдвинув «аксиому глобализации», как бы утвердила тезис о «конце истории»: идеи либерализма-де победили окончательно, бесповоротно и вселенски. Однако дело, видимо, не столько в завершении развития человечества, сколько в кризисе гуманитарной науки.

По большому счету у человечества есть только две возможности заглянуть в будущее — наука и религия. Как заметил блестящий физик Стивен Хокинг, вера в истинность теории расширяющейся Вселенной и Большого Взрыва не противоречит вере в Бога-творца, но указывает пределы времени, за которое он должен был справиться со своей задачей. Наука, конечно же, пребывает во времени, а следовательно, имеет будущее. Но опыт подсказывает, что прогнозировать развитие науки — дело неблагодарное.

### О границах познания

Открытия фундаментальной науки постепенно отодвигают границы познания, заставляют снимать запреты, отказываться от устоявшихся убеждений и заблуждений. Со времен Аристотеля

до Галилея развитие физики сдерживало убеждение, что ее главная задача — анализ движения тел, а не изучение изменения его характера. Аристотель говорил, что тело следует рассматривать как покоящееся; Галилей доказал, что состояние покоя есть частный случай движения; а сформулированные Ньютоном в 1687 г. три закона механики ознаменовали отказ от старых представлений и появление классической физики.

История человеческой мысли знает немало подобных примеров. И все они свидетельствуют об одном: наука не терпит раз и навсегда установленных догм и ограничений. Скорее всего и концепция «конца истории» в свое время займет свое место в анналах хроники человеческого разума.

### Мудрость international?

В отличие от знания, образованности, информированности мудрость есть способность принимать и усваивать жизненный опыт предыдущих поколений, без чего невозможно развитие науки и культуры, а значит, и цивилизации. Однако опыт прошлого нельзя принимать как непреложный закон, его нужно творчески и критически переосмысливать. Существует еще одно принципиальное различие между знанием и мудростью. Первое интернационально по своей сути, одинаково для всех стран и народов. Вторая же, наоборот, глубоко национальна, ею проникнут фольклор, литература, культура, традиции, кроме того, она всегда имеет нравственную, этическую подоплеку, отражающую гуманитарные ценности народа. Поэтому каждая нация вкладывает свой смысл в одни и те же понятия. В любом языке есть такие слова, как «совесть», «долг», «честь», «родина», «истина», «доброта», «любовь» и т.д. Однако как по-разному понимают эти категории люди в разных концах планеты! Дело в том, что мудрость — это прежде всего разговор о жизни, о ее смысле, а каждый народ живет по-своему. Имеют значение также особенности языка, на котором ведется наша «беседа мудрецов». Изучая интеллектуальное

**Лауреат Нобелевской премии по химии Илья ПРИГОЖИН в свое время писал, что для древних природа была источником мудрости. Средневековая природа говорила о Боге. В новые времена природа стала настолько безответной, что Кант счел необходимым полностью разделить науку и мудрость, науку и истину. Этот раскол существует на протяжении двух последних столетий. Настала пора положить ему конец.**

**В обществе идет процесс накопления «опасного знания», источниками которого являются как наука, так и внеучная действительность. Постепенно негативная информация разными путями обретает легальные формы и становится общественной нормой. Отклонения, которые когда-то были единичными и локальными, становятся массовыми и всеохватывающими.**

наследие, важно учитывать, с какой этнической общностью соотносит себя ученый, философ или художник, о ком он говорит «Мы» в отличие от «Они». Такое самоопределение выражает свойственные данному социуму обычаи, традиции, память, связь с предками и т.д. Дистанция между «Мы» и «Они» — это и есть различия между культурами.

Произойдет ли в процессе глобализации сближение культур, и какое внутреннее наполнение получит тогда данное понятие? Обретут ли все народы мира одни и те же символы веры (в том числе и религиозной) и заговорят ли на одном языке (например, «новом эсперанто»)? Или какой-то одной культуре (допустим, англосаксонской) будет отведена ведущая роль, а остальные будут искусственно подавляться? Или под пресом глобализации произойдет такое смешение народов, наций и рас (и чисто биологическое, в частности), что все мы в конце концов станем одного цвета, роста и даже пола? Ответить на такие вопросы пока невозможно.

### Человечество на распутье

Сейчас много говорится о том, что эгоизм, ложь, разврат и т.п. приобрели вселенские масштабы. В далеком прошлом, дескать, столь плачевными нравственными недугами «болело» меньшинство, а теперь — большинство людей. Но если дела обстоят именно так, если то, что было пороком, стало этической нормой, не следует ли признать, что таковы сегодня эталоны социального бытия? Глобализация весьма способствует такому развитию событий. В обществе идет процесс накопления «опасного знания», источниками которого являются как наука, так и внеучная деятельность. Постепенно негативная информация разными путями обретает легальные формы и становится общественной нормой. Отклонения, которые когда-то были единичными и локальными, становятся массовыми и всеохватывающими. Достаточно посмотреть, как развивается ситуация вокруг легализации наркотиков. В некоторых странах, например, в Голландии, использование

так называемых «легких наркотиков» официально узаконено. За их разрешение в США выступает не кто иной, как Джордж Сорос. Другим примером укоренения противоестественных наклонностей в качестве нормы нарождающегося глобального общества может служить законодательное признание в ряде стран сексуальных отношений нетрадиционной ориентации. Таким образом, уже весьма рельефно проступают контуры «новой общечеловеческой культуры», основанной на наркотиках и моральной распущенности.

В наступившем веке мы все чаще будем сталкиваться с запретами и ценностями морально-этического характера, которые нельзя создать или преодолеть технологическими средствами, сколь бы совершенными ни были последние. Именно такие ценности и определяют в конечном счете выбор маршрутов цивилизационного развития. Возможно, человечество предпочтет доминирующую сегодня систему этических установок, основанную на потребительской концепции существования. Тогда нам предстоит дальнейший путь разрушения собственной физической и нравственной среды обитания, который в конце концов приведет к гибели человечества. Но, может быть, мы в один прекрасный день взглянем на себя со стороны и ужаснемся, и поймем, что для того чтобы остаться людьми и просто остаться на своей планете, надо не разрушать, а созидать, не потреблять, а отдавать, не только удовлетворять все растущие физиологические потребности, но и развиваться духовно. И роль фундаментальной науки и научного сообщества в том, чтобы указать и обосновать именно это направление пути цивилизации. Удастся ли им такая миссия, во многом будет зависеть от профессионального и нравственного облика ученого будущего, от того, как изменятся в перспективе функции научной теории.

### Наука третьего тысячелетия

Размышляя о судьбах науки, нельзя не заметить некоторую неравномерность ее развития. С одной стороны, она действительно вышла на рубежи, близкие к фантастике. Так, уже сейчас создается проект квантового компьютера; разработана технология амниоцентоза, которая позволит с точностью до 99% определять неблагоприятный исход родов у женщин и, соответственно, принимать необходимые меры.

Но с другой стороны, мир вокруг нас по-прежнему полон тайн, разгадать которые ученые пока бессильны. Отчасти это объясняется



тем, что наука все больше походит не столько на искательницу истины, сколько на коммерческое предприятие, работающее по заказу инвестора. Понять причины можно, учитывая скудное финансирование науки, однако ни одно частное предприятие не будет вкладывать средства в фундаментальные исследования, поскольку от них нельзя требовать немедленной отдачи. Ни банки, ни бизнес не интересуют какие-нибудь «длинные волны» или «циклы», периоды которых измеряются сотнями, тысячами, а то и миллионами лет; вряд ли их волнует и смысл бытия. Однако подлинная наука не может существовать в безвоздушном пространстве потребительского отношения и равнодушия. Чтобы адекватно и квалифицированно отвечать на экзистенциальные и прикладные вопросы, ей необходимы не только лаборатории и новейшие приборы, но и высокий уровень образования молодых членов науч-

ного сообщества, достойные зарплаты и особенно востребованность со стороны общества.

Будущее науки и наука будущего определяются отношением к ней государства и власти. И речь вовсе не о том, чтобы державой руководили исключительно ученые мужи. Но горе той стране, чье правительство полностью игнорирует науку, — у нее нет перспектив. Потому что будущее закладывается сегодня в кабинетах правительства и лабораториях ученых, на промышленных предприятиях и в университетских аудиториях, более того — в умах и сердцах людей. Однако если и в дальнейшем наука, ненаучное знание и политика останутся разобщенными, будущее человечества станет еще менее предсказуемым и окажется в зоне риска.

Хочется верить, что всем нам достанет мудрости выбрать верный путь для нашей цивилизации. И тогда мы «увидим новое небо и новую землю»...

(В мире науки, № 1, 2006)



Человечество переживает эпоху глобальной демографической революции — время, когда после взрывного роста население мира внезапно переходит к ограниченному воспроизводству и круто меняет характер своего развития. Это величайшее по значимости событие истории человечества с момента его появления в первую очередь отражается в динамике народонаселения. Однако оно затрагивает все стороны жизни миллиардов людей, и именно поэтому демографические процессы стали важнейшей глобальной проблемой мира и России. От их фундаментального понимания зависит не только настоящее, но и после текущей критической эпохи перемен предвидимое будущее, приоритеты развития и устойчивость роста

# ИНФОРМАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА, ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Сергей Капица

Основные положения книги «Общая теория роста человечества»

*Никитский клуб — Римский клуб*

Явление демографического перехода, когда расширенное воспроизводство населения сменяется ограниченным, а затем стабилизацией населения, было открыто французским демографом Адольфом Ландри. Изучая эту критическую эпоху развития народонаселения, он справедливо полагал, что по глубине и значению последствий ее следует рассматривать как революцию. Однако демографы ограничивали свои исследования динамикой населения отдельных стран и видели свою задачу в том, чтобы объяснить происходящее через конкретные социальные и экономические условия. Такой подход давал возможность сформулировать рекомендации для демографической политики, однако таким образом исключалось понимание более широких, глобальных аспектов этой проблемы. Рассмотрение населения мира как целого, как системы отрицалось в демографии, поскольку при таком подходе нельзя было определить общие для человечества причины перехода. Только поднявшись на глобальный уровень анализа, изменив масштаб проблемы, рассматривая уже все население мира как единый объект, как систему, удалось описать глобальный демографический переход с общих позиций. Такое обобщенное понимание истории оказалось не только возможным, но и очень результативным. Для этого надо было коренным образом изменить метод исследования, точку зрения как в пространстве, так и во времени, и рассматривать человечество с самого начала появления как глобальную структуру. Следует подчеркнуть, что большинство крупных историков, таких как Фернан Бродель,

Карл Ясперс, Иммануил Валлерштейн, Николай Конрад, Игорь Дьяконов, утверждали, что существенное понимание развития человечества возможно только на глобальном уровне. Именно в нашу эпоху, когда глобализация стала знаком времени, такой подход открывает новые возможности анализа как нынешнего состояния мирового сообщества, так и факторов роста в прошлом, и пути развития в обозримом будущем.

Римский клуб 30 лет назад первым поставил на повестку дня глобальные проблемы. Эти исследования опирались на анализ обширных баз данных и компьютерное моделирование процессов, которые, по мысли авторов, определяли рост и развитие. Однако первый доклад клуба «Пределы роста» подвергся глубокой критике, а основной вывод, что пределы роста человечества определяются ресурсами, оказался несостоятельным. Чтобы понять трудности прямого математического моделирования, обратимся к пронизательному замечанию американского экономиста, лауреата Нобелевской премии Герберта Саймона: «Сорок лет опыта моделирования сложных систем на компьютерах, которые с каждым годом становились все больше и быстрее, научил, что грубая сила не приведет нас по царской тропе к пониманию таких систем... Тем самым моделирование потребует обращения к основным принципам, которые приведут к разрешению этого парадокса сложности». Таким образом, именно тогда была выделена глобальная проблематика, к которой мы теперь вернулись на новом уровне понимания и развития методов математического моделирования.

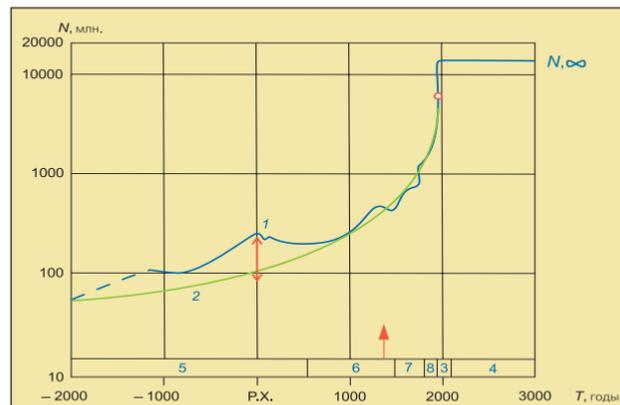


Рис. 1. Население мира от 2000 до Р.Х. до 3000 г.

1 — население мира от 2000 г. до Р.Х. до наших дней; 2 — взрывной режим, переходящий к стабильной численности; 3 — демографический переход, 4 — стабилизация населения; 5 — древний мир; 6 — средние века; 7 — новая история; 8 — новейшая история; ↑ — пандемия чумы 1348г.; ↓ — разброс данных; ○ — настоящее время 2005 г. при населении мира 6,3 млрд.,  $N_{\infty} = 10-12$  млрд. — предел роста населения

### Математическая модель роста населения

До рубежа 2000 г. население нашей планеты росло с постоянно увеличивающейся скоростью. Тогда многим казалось, что демографический взрыв, перенаселение и неминуемое истощение ресурсов и резервов природы приведут человечество к катастрофе. Однако в 2000 г., когда население мира достигло 6 млрд., а темпы прироста населения своего максимума в 87 млн. в год или 240 тыс. человек в сутки, скорость роста начала уменьшаться. Более того, и расчеты демографов, и общая теория роста населения Земли указывают, что в самом ближайшем будущем рост практически прекратится. Таким образом, население нашей планеты в первом приближении стабилизируется на уровне 10–12 млрд. и даже не удвоится по сравнению с тем, что уже есть. Переход от взрывного роста к стабилизации происходит в исторически ничтожно короткий срок (меньше 100 лет), и этим завершится глобальный демографический переход.

Основные результаты современных исследований изложены в статьях и книгах автора, которые легли в основу выступления на Президиуме РАН, и доклада, представленного Римскому клубу в 2004 г. В результате выяснилось, что именно нелинейная динамика роста населения человечества, подчиняющаяся собственным внутренним силам, определяет наше развитие и позволяет сформулировать феноменологический принцип демографического императива, в отличие от популяционного принципа Мальтуса, где ресурсы определяют рост.

В соответствии с данными антропологии предки человека появились в Африке более миллиона лет тому назад. Тогда, после длительной эпохи антропогенеза **A**, они начали говорить, овладели огнем и технологией каменных орудий (табл. на с. 210). С тех далеких времен, когда численность наших самых древних предков была порядка 100 тыс., человек не только расселился по всему земному шару, но число людей возросло еще в 100 тыс. раз — до современных миллиардов. Ни один вид сопоставимых с нами животных никогда так не развивался: например, и сейчас в России живет около 100 тыс. медведей или волков. Только домашние животные умножили свою численность далеко за пределы возможностей своих диких собратьев: в мире число голов крупного рогатого скота превышает 2 млрд.

Для того чтобы пояснить суть проблемы, обратимся к тому, как росла численность человечества и как оно развивалось на протяжении последних 4 тыс. лет. Исходным был тот факт, что рост населения Земли подчиняется удивительно простой и универсальной закономерности гиперболического роста:  $N = \frac{200}{2025 - T}$  млрд. На рис. 1 численность населения  $N$  представлена в логарифмическом масштабе, а течение времени  $T$  — в линейном масштабе, в котором указаны основные периоды мировой истории. Если население мира росло бы экспоненциально, то на графике рост отображался бы прямой. Поэтому такое представление роста широко используется в статистике и экономике, когда хотят показать, что рост происходит по закону сложных процентов. Однако для человечества все складывается совершенно иначе. Медленное в начале, развитие ускоряется, и по мере приближения к 2000 г. оно устремляется в бесконечность демографического взрыва. Задача же теории и модели гиперболического роста состоит в установлении пределов применимости этой асимптотической формулы. В итоге, в элементарных выражениях, но опираясь на статистические принципы теоретической физики, удалось описать динамически самоподобное развитие человечества более чем за миллион лет — от возникновения человека до нашего времени и наступления демографического перехода.

Секрет гиперболического, взрывного развития состоит в том, что скорость его роста пропорциональна не первой степени численности населения, как в случае экспоненциального роста, а второй степени — квадрату численности населения мира как меры развития. Именно анализ гиперболического роста человечества, связывающий

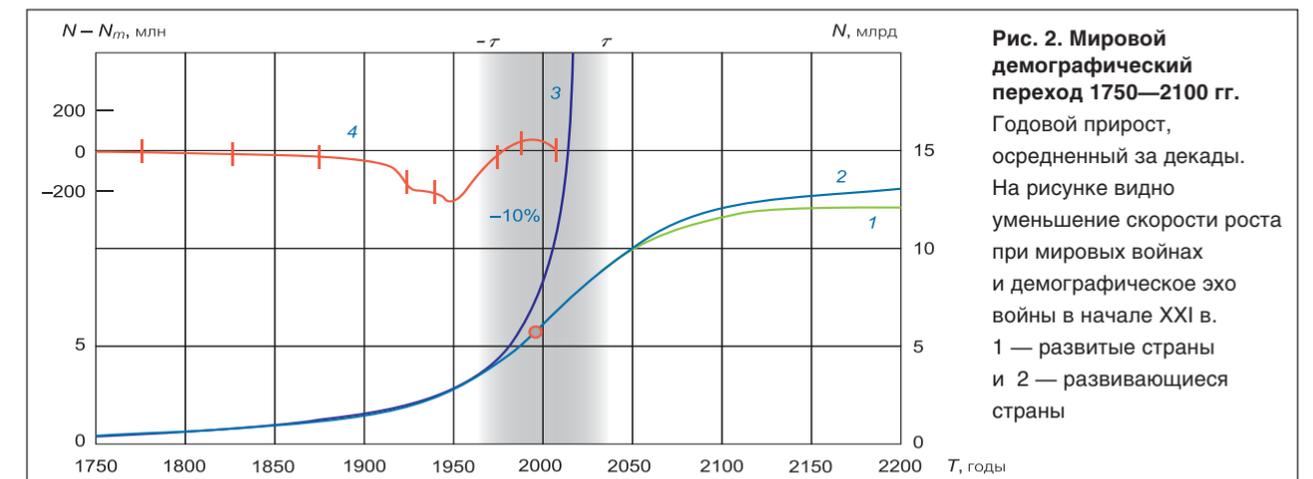


Рис. 2. Мировой демографический переход 1750—2100 гг.

Годовой прирост, осредненный за декады. На рисунке видно уменьшение скорости роста при мировых войнах и демографическое эхо войны в начале XXI в. 1 — развитые страны и 2 — развивающиеся страны

численность и рост человечества с его развитием (связь роста и развития как формула демографического императива — центральный тезис теории человечества), позволил по-новому понять всю специфику истории человечества и предложить общий коллективный механизм развития, основанный на распространении и размножении информации. Такой квадратичный рост хорошо изучен в физике, и он проявляется тогда, когда развитие происходит из-за коллективного взаимодействия, возникающего в динамической системе, когда все ее составляющие интенсивно взаимодействуют между собой. Как поучительный пример таких процессов приведем атомную бомбу, в которой в результате разветвленной цепной реакции происходит ядерный взрыв. Квадратичный рост населения нашей планеты указывает на то, что аналогичный процесс протекает с человечеством, — только гораздо медленнее, но не менее драматично. Если экспоненциальный рост определяется индивидуальной способностью человека к размножению, то взрывное развитие человечества — это процесс коллективный, протекающий во всем обществе и охватывающий весь мир. Квадратичный механизм взрывного роста коренным образом отличает человечество от животных, поскольку мы обладаем разумом, развитой системой передачи информации как вертикально, из поколения в поколение, так и горизонтально, в пространстве информационного взаимодействия, что и определяет нашу социальную эволюцию.

Таким образом, анализ роста числа людей на Земле позволяет предположить, что он определяется обменом и распространением информации, а человечество представляет собой информационное сообщество. Действительно, как и при развитии взрывных ядерных реакций, информация

распространяется путем цепной реакции, когда она необратимо умножается на каждом этапе развития. Более того, такая информационная система возникла очень давно, когда миллион лет тому назад в результате биологической эволюции появились речь и язык, развилось наше собственное, а затем и общественное сознание, что и привело к взрывному росту. На основе модели можно определить время эволюции и возникновения человека — 4–5 млн. лет тому назад, полное число людей, когда-либо живших на Земле — около 100 млрд., число основных периодов развития, оценить устойчивость роста и получить ряд других результатов по природе демографической революции. Заметим, что пик этого процесса, который приходится на 2000 г., — случайность нашего летоисчисления и никак не связан с существом дела.

Автор приводит эти выводы, поскольку без них трудно понять масштаб явлений, которые определяют наше современное бытие, и характер процессов, которые мы переживаем. Вместе с тем, когда все человечество рассматривается в целом, рамки исследования также должны быть расширены во времени, ибо тот, кто не умеет предсказывать прошлое, не может рассчитывать на предвидение будущего. Поэтому вернемся к рис. 1 и тому, как изменяется длительность и само течение времени истории.

### Рост населения Земли и время в истории

Древний мир длился около 3 тыс. лет, средние века — тысячу лет, новое время — 300 лет, а новейшая история — чуть более 100 лет. Историки давно обращали внимание на это сокращение исторического времени, однако чтобы понять уплотнение времени, его следует сопоставить с динамикой роста населения. В отличие от привычного экспоненциального роста, когда относительная

РОСТ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА  
В ЛОГАРИФМИЧЕСКОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ

| Эпоха | Период | Дата<br>Годы | Число<br>людей   | Культурный<br>период  | $\Delta T$ лет    | История, культура,<br>технология   |
|-------|--------|--------------|------------------|---|-------------------|--|
| С     |        | 2150         | $10 \times 10^9$ | Стабилизация<br>населения<br>Земли  | 125               | Переход к пределу $11 \times 10^9$<br>Изменение возрастного<br>распределения<br>Глобализация   |
|       |        | 2050         | $9 \times 10^9$  |   |                   |  |
|       | $T_c$  | 2000         | $6 \times 10^9$  | Мировой<br>демографич.<br>переход   | 45                | Урбанизация  |
| В     | 11     | 1955         | $3 \times 10^9$  | Новейшая<br>Новая история<br>Средние века<br>Древний<br>мир<br>Неолит<br>Мезолит<br>Мустье<br>Ашель<br>Шелль<br>Олдувай | 45                | Компьютеры<br>Ядерная энергия<br>Мировые войны<br>Электричество<br>Промышленная революция<br>Книгопечать<br>Географические открытия<br>Падение Рима, Мухаммед<br>Христос, Осевое время<br>Греческая цивилизация<br>Индия, Китай, Будда, Конфуций<br>Междуречье, Египет<br>Письменность, города<br>Одомашнивание, сел. хоз.<br>Керамика, бронза<br>Микролиты<br>Заселение Америки<br>Языки, шаманизм<br><i>Homo sapiens</i><br>Речь, огонь<br>Заселение Европы и Азии<br>Рубила<br>Галечная культура, чоппер<br><i>Homo habilis</i> |
|       | 10     | 1840         | $1 \times 10^9$  |   | 125               |  |
|       | 9      | 1500         |                  |   | 340               |  |
|       | 8      | 500 н.э.     |                  |   | 1000              |  |
|       | 7      | 2000 до н.э. |                  |   | 2500              |  |
|       | 6      | 9000         |                  |   | 7000              |  |
|       | 5      | 29000        |                  |   | 20000             |  |
|       | 4      | 80000        |                  |   | 51000             |  |
|       | 3      | 0,22 млн.    |                  |   | $1,4 \times 10^5$ |  |
|       | 2      | 0,60 млн.    |                  |   | $3,8 \times 10^5$ |  |
|       | 1      | 1,6 млн.     |                  |   | $1,0 \times 10^6$ |  |
| А     | $T_0$  | 4,4 млн.     |                  | (1)   | Антропогенез      | $2,8 \times 10^6$  |

скорость роста постоянна и население умножается в течение определенного времени, для гиперболического роста время умножения пропорционально древности, исчисляемой от критического 2000 г. Так, 2000 лет тому назад население росло на 0,05% в год, 200 лет тому назад — на 0,5% в год, а 100 лет тому назад — уже на 1% в год. Человечество достигло максимальной скорости относительного роста 2% в 1960 г. — на 40 лет раньше максимума абсолютного прироста населения мира. В течение каждого из 11 периодов развития, от нижнего палеолита до демографической революции, на Земле проживало по 9 млрд. людей.

Можно показать, что такое ускоренное развитие приводит к тому, что после каждого периода на все оставшееся развитие приходится время, равное половине длительности прошедшего этапа. Так, после нижнего палеолита, длившегося миллион лет, до нашего времени остается полмиллиона лет, после тысячелетия средних веков осталось 500 лет. Эти этапы развития, выделенные антропологами и историками, происходят синхронно во всем мире, когда все народы охвачены общим информационным процессом. Сжатие времени исторического развития видно и по тому, как скорость исторического процесса увеличивается по мере приближения к нашему времени. Если история древнего Египта и Китая занимала тысячелетия и исчисляется династиями,

то поступь истории Европы определялась отдельными царствованиями. Если Римская империя распадалась в течение тысячи лет, то современные империи исчезали за десятилетия, а в случае Советской — и того быстрее. Таким образом, в последнюю эпоху демографической революции ускорение исторического процесса достигло своего предела перед эпохой стабилизации роста С.

В таблице показана вся история человечества, хронология которой структурирована на основании смены культур в соответствии с данными истории и антропологии. Данные же о населении мира в прошлом известны только по порядку величины, и на их основании невозможно выделение этих периодов. Сами же переходы между периодами можно рассматривать как фазовые переходы в неравновесной эволюционирующей системе. Наступление неолита, когда происходила концентрация населения в селах и городах, оказывается посередине эпохи взрывного развития В, представленного в логарифмически преобразованном времени. Демографическая революция предстает как сильный фазовый переход, когда вследствие неустойчивости взрывного роста человечества в режиме с обострением происходит смена скорости роста и коренное изменение самой парадигмы развития. Так, в момент демографического взрыва, как в ударной волне, внутреннее время истории, собственная длительность развития сокращена до предела. Этот предел сжатия времени не может быть короче эффективной жизни человека, и именно поэтому и следует крутой поворот в нашем развитии, наступает если не конец истории, о чем заявил Франсис Фукуяма, то фундаментальное изменение темпов роста человечества. История, естественно, будет продолжаться и после прекращения роста населения мира, но уже как следствие демографической революции и в гораздо более спокойном темпе.

Таким представляется глобальный рост человечества, если анализировать метаисторию в свете развития демографической системы и логарифмической трансформации времени. Динамический взгляд на ход исторического времени давно обсуждается в исторической науке, но в развитой теории он приобретает, как и в теории относительности, количественный смысл, когда историческое время равно логарифму физического, ньютоновского времени. В трансформированном времени исторические процессы на всем протяжении развития представляются равномерными, что выражает динамическое самоподобие роста, хотя сам темп развития различается в десятки тысяч раз. Так, в результате сжатия времени

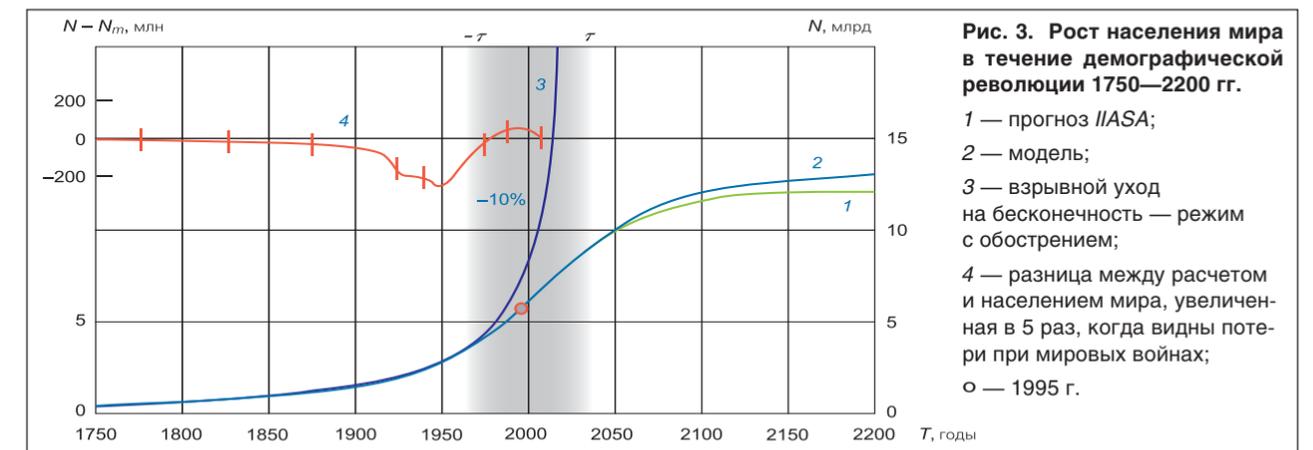


Рис. 3. Рост населения мира в течение демографической революции 1750—2200 гг.

- 1 — прогноз IASA;
- 2 — модель;
- 3 — взрывной уход на бесконечность — режим с обострением;
- 4 — разница между расчетом и населением мира, увеличенная в 5 раз, когда видны потери при мировых войнах;
- о — 1995 г.

историческое прошлое оказывается к нам намного ближе, чем это кажется с первого взгляда на число поколений и календарное время.

Движущим фактором развития оказываются связи, объединяющие все человечество в единое эффективное информационное поле. Эту связанность следует понимать обобщенно, как обычаи, верования, представления, навыки и знания, передаваемые из поколения в поколение при обучении, образовании и воспитании человека как члена общества. Именно обобщенная информация определяет динамику социальных и экономических процессов. Глобальное развитие неизменно следует по траектории гиперболического роста, которое не могут существенно нарушить ни пандемии, ни мировые войны, ни природные катаклизмы. Естественно, есть взлеты и падения роста, сменяются уклады жизни, народы мигрируют, воюют и исчезают, и чем дальше в прошлом мы рассматриваем темпы развития, тем медленнее оно происходит. Тогда в течение жизни человека обстоятельства и уклад мало менялись, несмотря на флуктуации и возмущения, которые всегда были, включая ледниковые периоды и изменения климата, большие, чем те, о которых так много говорят сегодня. В эпоху же демографической революции именно масштаб существенных социальных изменений, происходящих в течение жизни человека, стал столь значительным, что ни отдельная личность, ни общество в целом никак не успевают приспособляться к темпам перемен миропорядка — человек «и жить торопится, и чувствовать спешит» как никогда прежде.

Анализ показывает, что рост, пропорциональный квадрату населения всего мира, выражает коллективный характер сил, определяющих развитие. Эта связь существовала во все времена, только в прошлом она занимала больше времени. Подчеркнем, что этот неизменный закон применим

только для целостной замкнутой системы, какой является взаимосвязанное население мира. В результате глобальный рост не требует учета миграции, поскольку это внутренний процесс взаимодействия за счет перемещения людей, непосредственно не влияющего на их число, ибо нашу планету пока трудно покинуть. Поэтому данный закон нельзя распространить на отдельную страну или регион, однако развитие каждой страны следует рассматривать на этом общем фоне. Следствием глобальности квадратичного закона роста является отмеченная синхронизация мирового исторического процесса и неизбежное отставание изолятов, которые оказывались надолго оторванными от основной массы человечества.

## Глобальная демографическая революция

## 1. Анализ сопровождающих явлений

При анализе явлений, сопровождающих демографическую революцию, можно идти двумя путями. Во-первых, можно отталкиваться от конкретных наблюдений историка или социолога, касающихся существенных социальных закономерностей, и из частных синтезировать общую картину развития. Или же можно исходя из общей концепции анализировать частные явления. Очевидно, что оба подхода результативны, однако второй, основанный на общей картине развития, позволяет на обобщенном уровне достичь более полного понимания происходящих перемен и установить фундаментальный примат механизма информационного процесса роста. Именно это важно, если мы хотим понять смысл той уникальной исторической эпохи, которую переживает человечество.

Численность населения развитых стран стабилизировалась в рамках миллиарда. Они прошли

через переход всего на 50 лет раньше развивающихся стран, и теперь в этих странах мы можем увидеть ряд явлений, которые постепенно охватывают остальное человечество. В России же многие кризисные явления, даже в усиленном виде, отражают мировой кризис. Тем временем переход в развивающихся странах затрагивает более 5 млрд. человек, численность которых удвоится при завершении глобального демографического перехода во второй половине XXI в. Происходит это в два раза быстрее, чем в Европе. Скорость процессов роста и развития поражает своей интенсивностью — так, экономика Китая растет более чем на 10% в год. Такие изменения и рост происходили в России и Германии в канун Первой мировой войны и, несомненно, способствовали кризису XX в. Производство же энергии в странах Юго-Восточной Азии растет на 7–8% в год, а Тихий океан становится последним средиземноморьем планеты после Атлантического океана и собственно Средиземного моря.

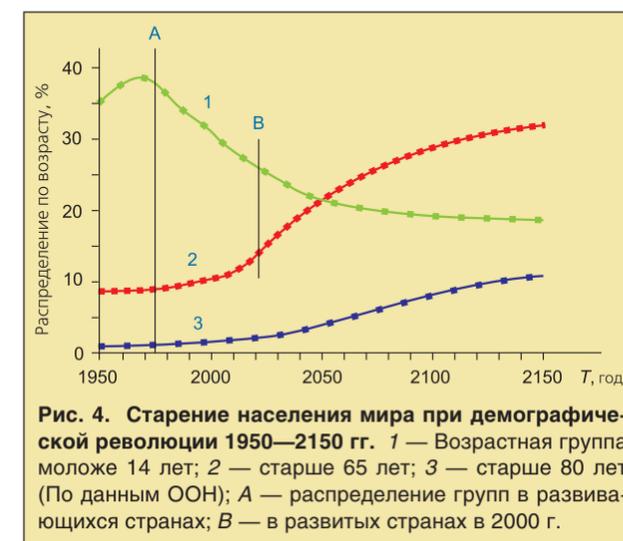
## 2. Глобальная демографическая ситуация

Обратимся к расчетам населения в будущем, где результаты моделирования можно сравнить с расчетами ООН, Международного института прикладного системного анализа (IIASA) и других агентств. Прогноз ООН основан на обобщении ряда сценариев для рождаемости и смертности по 9 регионам мира и доведен до 2150 г. По оптимальному сценарию ООН население Земли к этому времени выйдет на постоянный предел 11 600 млн. В докладе Популяционного отдела ООН 2003 г. по среднему варианту к 2300 г. ожидается 9 млрд. В итоге и расчеты демографов, и теория роста приводят к выводу, что после перехода население Земли стабилизируется на уровне 10–11 млрд. Разница между населением мира и данными расчета, которые до и после мировых войн совпадают, дает возможность оценить полные потери человечества за этот период, составляющие 250–280 млн. человек, что больше обычно приводимых цифр. В настоящее время исключительно возросла подвижность народов, сословий и людей. Как страны АТР, так и другие развивающиеся страны охвачены мощными миграционными процессами. Перемещение населения происходит как внутри стран (в первую очередь, из сел в города), так и между странами. Рост миграционных процессов, охвативших теперь весь мир, приводит к дестабилизации как развивающихся, так и развитых стран, порождая комплекс проблем, требующих отдельного рассмотрения.

Динамика современного развитого общества, несомненно, порождает стрессовую обстановку.

Это происходит на уровне отдельного человека, когда распадаются связи, ведущие к образованию и стабильности семьи. Одним из следствий этого стало резкое сокращение числа детей на каждую женщину, отмеченное в развитых странах. Так, в Испании это число равно 1,20; в Германии — 1,41; в Японии — 1,37; в России — 1,21; в Украине — 1,09, в то время как для поддержания простого воспроизводства населения в среднем необходимо 2,15 детей. Таким образом, все самые богатые и экономически развитые страны, которые на 30–50 лет раньше прошли через демографический переход, оказались несостоятельными в своей главной функции — воспроизводстве населения. Этому способствует как то, что на получение образования уходит больше времени, так и либеральная система ценностей и распад традиционных идеологий в современном мире. Если эта тенденция сохранится, то основное население развитых стран обречено на вымирание и вытеснение эмигрантами из более фертильных этносов. Это один из самых сильных сигналов, которые нам подает демография, как отмечает П. Дж. Бьюкенен в книге «Смерть Запада. Чем вымирание населения и усиление иммиграции угрожает нашей стране и цивилизации». Если в XIX и XX вв. во время пика прироста населения в Европе эмигранты направлялись в колонии, то теперь возникло обратное перемещение народов, существенно меняющее этнический состав метрополий. Заметим, что значительная, а во многих случаях подавляющая часть мигрантов нелегальна и, по существу, не подконтрольна властям.

Таким образом, если в развитых странах мы отмечаем резкое падение роста населения, при котором население не возобновляется и стремительно стареет, то в развивающемся мире пока наблюдается обратная картина — преобладание молодежи и быстрый прирост населения. Изменение соотношения пожилых и молодых людей стало основным результатом демографической революции, и в настоящее время привело к максимальному расслоению мира по возрастному составу. Именно молодежь, которая активизируется в эпоху демографической революции, является могучей движущей силой исторического развития. От того, куда эти силы будут направлены, во многом зависит устойчивость мира. Для России таким регионом стала Средняя Азия, ее «мягкое подбрюшие», где демографический взрыв, состояние экономики и кризис с водоснабжением привели к напряженной ситуации в самом центре Евразии. В будущем, при завершении демографической революции к концу XXI в., наступит



общее старение населения мира. Если при этом число детей у эмигрантов тоже сократится, станет меньше необходимого для воспроизводства населения, — такое положение дел может привести к кризису развития человечества в глобальном масштабе. Однако можно предположить, что и сам кризис воспроизводства населения стал реакцией на демографическую революцию и потому может быть преодолен в предвидимом будущем.

## 3. Демографическая революция и кризис идеологий

Демографическая революция выражается не только в демографических процессах, но и в разрушении связи времен, распаде сознания и хаосе, в моральном кризисе общества. Это четко отражается в проявлениях в первую очередь массовой культуры, столь безответственно распространяемых средствами массовой информации, в некоторых веяниях искусства и постмодернизма в философии. Такое перечисление критических моментов неизбежно неполно, но оно призвано обратить внимание на явления, имеющие хотя и разный масштаб, но общие причины в эпоху глобального демографического перехода, когда так возросло несоответствие сознания и физического потенциала развития. Кризис носит мировой характер, и его предельным выражением, несомненно, стали ядерное оружие и избыточная вооруженность некоторых стран. Все бессилие силы наиболее наглядно показал распад Советского Союза, когда именно идеология оказалась «слабым звеном». Однако вместе с этим возникают и новые цели развития, происходят поиски и смена ценностей, затрагивающие сами основы устойчивости и управления обществом.

Рассматривая механизмы роста и развития общества, следует обратить внимание, что модель информационного развития описывает неравновесный процесс роста. Он в корне отличается от обычных моделей экономического роста, где архетипом является термодинамика равновесных систем, в которых происходит медленное, адиабатическое развитие, а механизм рынка способствует установлению детального экономического равновесия, когда процессы в принципе обратимы и понятие собственности отвечает законам сохранения. Однако эти представления в лучшем случае действуют локально и неприменимы при описании необратимого глобального процесса распространения и умножения информации, происходящего при неравновесном развитии. Отметим, что экономисты со времен раннего Карла Маркса, Макса Вебера и Йозефа Шумпетера отмечали влияние нематериальных факторов в нашем развитии, о чем недавно сказал Франсис Фукуяма: «Непонимание того, что основы экономического поведения лежат в области сознания и культуры, приводит к распространенному заблуждению, согласно которому материальные причины приписывают тем явлениям в обществе, которые по своей природе в основном принадлежат области духа».

Вернемся к кризису идеологий и системы моральных норм, ценностей, управляющих поведением людей. Такие нормы формируются и закрепляются традицией в течение длительного времени, и в эпоху быстрых перемен этого времени просто нет. Так, в период демографической революции в ряде стран, в том числе и в России, происходят распад сознания и управления обществом, эрозия власти и ответственности управления, растут организованная преступность и коррупция и, как реакция на неустроенность жизни и неполную занятость населения, наблюдается рост алкоголизма, наркомании и самоубийств, что ведет к увеличению смертности мужчин. В развитых странах рабочая сила перемещается из производства в сферу услуг. Например, в Германии в 1999 г. оборот в секторе информационных технологий был больше, чем в автомобильной промышленности — столпе немецкой экономики. Вместе с этим происходит рост маргинальных явлений, пересмотр устоявшихся понятий без должного отбора и критического анализа для развития принципов и критериев в культуре и идеологии, закрепляемых затем в традиции и законодательстве. С другой стороны, пришедшие из прошлого отвлеченные концепции богословов, философов и социологов приобретают значение, если не звучание, политических лозунгов. Отсюда возникает неумное

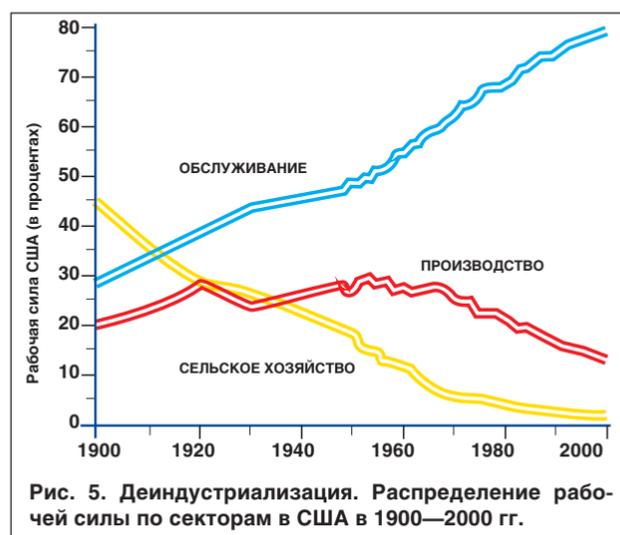


Рис. 5. Деиндустриализация. Распределение рабочей силы по секторам в США в 1900—2000 гг.

желание «исправить» историю и приложить ее к нашему времени, когда так стремительно развивается современный исторический процесс, который настоятельно требует нового осмысления, а не слепого прагматизма текущей политики. Так, предельное сжатие исторического времени приводит к тому, что время виртуальной истории сливается со временем реальной политики.

При прохождении демографического перехода исторический процесс, который ранее занимал века, теперь крайне ускорился. Это сопровождается ростом всех проявлений неравновесия в обществе и экономике при распределении результатов труда, информации и ресурсов, в примате местной самоорганизации над внешней организацией, рынка с его коротким горизонтом видения по сравнению с более долгосрочными социальными приоритетами развития общества и уменьшения роли государства в управлении экономикой. Так, вместе с распадом идеологий, ростом самоорганизации и развитием гражданского общества происходит вытеснение старых структур новыми в поиске новых связей, идей и целей развития, затрагивающих сами основы управления и устойчивости общества.

Демографический фактор, который связан с фазой прохождения демографического перехода, играет существенную роль в возникновении опасности войны и вооруженных конфликтов, в первую очередь в развивающихся странах. Более того, само явление терроризма выражает состояние социальной напряженности, как это уже было в пике демографического перехода в Европе во второй половине XIX и начале XX вв. Заметим, что количественный анализ устойчивости развития глобальной демографической системы указывает, что максимум неустойчивости,

возможно, уже пройден. По мере долговременной стабилизации населения и коренного изменения исторического процесса можно ожидать и возможной демилитаризации мира при уменьшении демографического фактора в стратегической напряженности и наступлении новой временной периодизации истории. В оборонной политике демографические ресурсы ограничивают численность армий, что требует модернизации вооруженных сил и отказа от принципа «Сила есть — ума не надо». Так, в развитых странах, завершивших демографический переход, уже видна смена приоритетов в экономике, образовании, здравоохранении, социальном страховании.

#### 4. Информационная природа развития человечества

Мы видим, что человечество с момента возникновения, когда оно стало на путь гиперболического роста, развивалось как информационное общество. Только в прошлом это происходило постепенно, и рост не приводил к напряженности и стрессу, столь характерным для нашего времени. Анализ также показывает, что не ресурсы и среда, а ограниченность технологии их производства и освоения стали причиной демографического перехода. Наступившее же ограничение роста обязано тому, что во многом исчерпаны идеи, необходимые для использования обобщенной информации, а обучение, образование и воспитание следующего поколения требуют намного больше времени, чем раньше. Иными словами, мы имеем дело не только с взрывным развитием информационного общества, но и с его кризисом. Это парадоксальный вывод, однако он приводит к следствиям, имеющим все возрастающее значение для понимания процессов, происходящих при прохождении через критическую эпоху демографической революции, и для оценок будущего, которое нас ожидает. Здесь пример Европы особенно поучителен.

При стабилизации населения мира развитие более не может быть связано с численным ростом, и поэтому следует обсудить, по какому пути оно пойдет. Развитие может прекратиться, и тогда наступит период упадка, а идеи «Заката Европы» получат свое воплощение (как, например, в романе «Дети мертвых» лауреата Нобелевской премии Эльфриды Елинек). Но возможно и другое, качественное развитие, при котором смыслом и целью станет качество человека и качество населения, а человеческий капитал будет его основой. На этот путь указывают ряд авторов. И то, что мрачный прогноз Освальда Шпенглера для Европы пока

не оправдался, вселяет надежды, что путь развития будет связан со знаниями, культурой и наукой. Именно Европа, многие страны которой первыми прошли через демографический переход, теперь смело прокладывает путь к реорганизации своего экономического, политического и научного пространства и указывает на процессы, которые могут ожидать другие страны. Эта критическая бифуркация, выбор пути развития, со всей остротой стоит и перед Россией.

Ныне все человечество переживает необычайный рост информационных технологий, в первую очередь повсеместное распространение сетевой связи, когда одна треть человечества уже обладает мобильными телефонами. Наконец, Интернет стал эффективным механизмом коллективного информационного сетевого взаимодействия, даже материализацией коллективной памяти, если не самого сознания человечества, реализованной на технологическом уровне. Эти возможности предъявляют новые требования к образованию, когда не знания, а их понимание становится основной задачей воспитания ума и сознания: Вацлав Гавел говорил: «Чем больше я знаю, тем меньше я понимаю».

Но простое применение знаний не требует глубокого понимания, что и привело к прагматическому упрощению и снижению требований в процессе массового обучения. В настоящее время продолжительность образования все увеличивается, и часто наиболее творческие годы человека, в том числе и годы, оптимальные для создания семьи, уходят на учебу. С другой стороны, все большая ответственность перед обществом, в частности, в формировании ценностей, в предоставлении образования и знаний, должна осознаваться средствами массовой информации. Недаром некоторые аналитики определяют нашу эпоху как время избыточной информационной нагрузки, обязанное этим рекламе, пропаганде и развлечениям, как время нарочитого потребления информации, за которую СМИ несут основную ответственность. Еще в 1965 г. выдающийся советский психолог А.Н. Леонтьев проницательно заметил, что «избыток информации ведет к оскудению души». Нам бы хотелось видеть эти слова на каждом сайте Интернета.

Естественно, что осознание информационной природы развития человечества придает особое значение достижениям науки, и в постиндустриальную эпоху ее значение только возрастает. В отличие от мировых религий, с самого своего появления фундаментальное научное знание, наука развивалась как глобальное явление в мировой культуре. Если в начале ее языком была латынь, затем французский и немецкий, то теперь языком

науки стал английский. Однако в настоящее время самый большой рост числа научных работников происходит в Китае. Если от китайских ученых и тех, кто получил образование в США, Европе и России, можно ожидать нового прорыва в мировой науке, то в Индии экспорт программного продукта в 2004 г. составил \$25 млрд., уже являясь новым примером международного разделения труда. В эпоху демографической революции при общем возрастании производства, образования и подвижности населения растет и экономическое неравенство — как внутри развивающихся стран, так и регионально. В ответ на вызов демографического императива политические процессы, управляющие и стабилизирующие развитие, не успевают за экономическим ростом.

#### Россия в глобальном демографическом контексте

Демографическая ситуация в России подробно рассмотрена в сборнике «Демографическая модернизация России», вышедшем под редакцией А.Г. Вишневского. Рассматривая демографию России в глобальном контексте, следует остановиться на трех вопросах, которые, в частности, выделены в последнем послании Президента В.В. Путина к Федеральному собранию 2006 года. На первое место Президент поставил кризис рождаемости, который определяется тем, что в среднем на одну женщину приходится 1,4 ребенка. При таком уровне рождаемости страна даже не может сохранить численность своего населения, которое в настоящее время в России ежегодно уменьшается на 700 тыс. человек. Однако малая рождаемость, как мы видели, характерная черта всех современных развитых стран, к которым, несомненно, принадлежит и Россия. Поэтому можно полагать, что это отражает общий кризис, причины которого не только и не столько в материальных факторах, сколько в культуре и моральном состоянии общества. В России, безусловно, материальные факторы играют значительную роль, и предложенные меры помогут исправить высокую степень неравномерности в распределении доходов в нашей стране. Однако не меньшая роль принадлежит проявившемуся в современном развитии мире кризису системы ценностей. К сожалению, политика СМИ такова, что мы совершенно бездумно импортируем и даже насаждаем представления, только ухудшающие ситуацию и кризис самосознания. В этом проявляется и социальная позиция части интеллигенции, которая, получив свободу, вообразила, что это освобождает ее и от ответственности перед обществом.

Для России существенным фактором является миграция, которая дает до половины прибавки населения. Более того, так пополняется и рабочий класс, а с возвращением на родину коренных россиян страна получает людей, обогащенных опытом других культур. Не менее существенен и приток мигрантов коренных национальностей сопредельных стран, имеющий, в основном, экономические причины. Таким образом, миграция стала новым и очень динамичным явлением в демографии России, и можно только отметить, что, как и в других странах, в российском контексте многие проблемы имеют подобный характер. Так, в США большая часть новых эмигрантов не имеет легального статуса. Во Франции вопрос об ассимиляции эмигрантов привел к их изоляции и крупным беспорядкам. Иными словами, и в этой области возникшая в современном мире подвижность народов в рамках российской действительности проявилась сходным образом. Однако в одной России выделяется среди всех развитых стран: высокая смертность мужчин. Средняя продолжительность жизни мужчин в России — 58 лет, что на 20 лет меньше, чем в Японии. Причина этого состоит, в том числе, в печальном состоянии нашей медицины, вернее, системы здравоохранения, которое, несомненно, усугубил бездумный монетаристский подход к организации этой области социальной защиты граждан, включая и недостаточность пенсионного обеспечения. Здесь также велика роль моральных факторов, снижение ценности жизни человека в общественном сознании, курение и рост алкоголизма в наиболее опасных формах, невозможность адаптироваться к новым социально-экономическим условиям. Последствием этих факторов стал распад семьи, беспрецедентное для истории России увеличение числа беспризорных детей, принявшие эпидемические размеры.

Перечисленные факторы взаимосвязаны, как в любой сложной системе, и поэтому выделение главных причин кризиса представляет большие методологические трудности. Очевидно одно: мир переживает эпоху кризиса, масштабы которого не сравнимы ни с какими коллизиями и катастрофами прошлого. Именно потому и нынешний кризис в России есть не только результат ее истории, но и в значительной мере отражение, вернее, преломление в нашей стране мирового кризиса демографической революции. Более того, в своей истории Россия отразила многие аспекты глобальной истории, и потому нам иногда кажется, что наш путь — особый. Мы просто по своей географии, этническому составу, религиозному многообразию представляем модель мира.

### Зрелость человечества

Исследование и обсуждение глобального демографического процесса не только привело к открытию информационной природы механизма роста и расширению наших представлений обо всем развитии человечества, но и позволило с таких позиций охватить современность. При этом мы выделили то, что представляется общим и фундаментальным в росте, и по-новому определили сами факторы развития, где информация, программное обеспечение, «софт», на аргю программистов оказывается, как и в самих компьютерах, определяющим фактором. Как и в компьютерах, «железо», материальные ресурсы при всей их значимости в итоге не являются решающими, а только служат как подсистемы, поддерживающие рост. Так и наше развитие как общества знания с самого начала определяется именно взаимовлиянием, т.е. обобщенным программированием, которое обязано разуму и сознанию человека — тому, что принципиально отличает нас от животных

В мире существуют перенаселение и очевидная бедность, нищета и голод, но это местные, локальные явления, а не результат глобальной нехватки ресурсов. Сравним Индию и Аргентину: площадь Аргентины на 30% меньше площади Индии, население которой почти в 30 раз больше, однако Аргентина могла бы производить достаточно пищи, чтобы прокормить весь мир. В то же время в Индии сейчас хранится годовой запас продовольствия, тогда как ряд провинций голодает. Дело не в ресурсном ограничении, не в глобальном недостатке ресурсов, а в социальных механизмах распределения богатства, знаний и труда, как это происходит и в России. Человечество на всем пути неизменного гиперболического роста в целом располагало необходимыми ресурсами, иначе было бы невозможно достигнуть нынешнего уровня развития. Поэтому ограничение следует видеть именно в пределе информационного развития, которое до сих пор определяло наш самоподобный рост по гиперболической траектории, по которой неуклонно в течение миллиона лет развивался мир вплоть до 1960 г. Если бы рост продолжался далее, население мира в 2000 г. составило 8 млрд., а не на 2 млрд. меньше. Это та нехватка в численности населения, которая обязана ограничением роста обобщенным информационным факторам, а не недостатку ресурсов, пищи или энергии.

Действительно, на протяжении всей истории человечество было обеспечено энергией. Глобальное производство энергии росло в два раза быстрее, чем прирост населения, и энергопотребление



оказывается пропорциональным квадрату численности населения мира и самой скорости роста. Если при наступлении промышленной революции в начале XIX в. население Земли составляло 1 млрд., то с тех пор производство энергии выросло почти в 40 раз, а к концу демографического перехода возрастет в 4–6 раз, и это не ограничено ресурсами и экологией.

Анализ роста численности населения, который выражает суммарный результат всей экономической, социальной и культурной деятельности, составляющей историю человечества, открывает путь к пониманию этой ведущей проблемы. В мире, охваченном глобализацией, рассмотрение таких проблем, к которым относят энергетику, продовольствие, образование, здравоохранение, экологию, должно привести к конкретным и актуальным политическим рекомендациям, определяющим в первую очередь развитие и безопасность мира в целом. В этом состоит необходимость такого подхода при рассмотрении фундаментальных причин, которым человечество обязано своим развитием, и их последствий. Только системное понимание всей совокупности процессов, достигнутое в междисциплинарных исследованиях,

опирающихся на количественное описание развития общества, может стать первым шагом к предвидению и активному управлению будущим, где именно факторам культуры и науки принадлежит определяющая роль в обществе знания. Сегодня такому социальному заказу из будущего должна отвечать система образования прежде всего в воспитании наиболее способных и ответственных слоев общества. С этим связаны надежды человечества, и здесь видны основания для исторического оптимизма по мере выхода из бурной эпохи демографической революции.

Образно историю человечества можно сравнить с судьбой человека, который, пережив бурную молодость, когда он учился, воевал, обогащался, миновав время приключений и поисков, наконец женится, обретает семью и покой. Эта тема существует в мировой литературе со времен Гомера и сказок «Тысячи и одной ночи», Св. Августина, Стендаля и Толстого. Быть может, и человечеству после кризиса демографической революции предстоит одуматься и успокоиться. Но это покажет только будущее, и ждать его не придется долго. ■

(В мире науки, № 4, 2004)



# ВЗРОСЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Джоэл Коэн

В ближайшие 50 лет численность населения планеты увеличится до 9 млрд. человек. При этом кардинально изменится соотношение молодых и старых, богатых и бедных, горожан и сельских жителей. Выбор решений, которые нам предстоит принять сейчас и в ближайшие годы, определит, насколько успешно мы справимся со своим «взрослением»

2005 год стал серединой десятилетия, на протяжении которого произошли уникальные изменения в истории человечества. Раньше молодых людей было больше, чем пожилых, а сельских жителей — больше, чем горожан. В 2000 г. число людей преклонного возраста превысило и впредь будет превышать число молодых, а примерно с 2007 г. в городах будет проживать больше народа, чем в сельской местности. Начиная с 2003 г. женщины в среднем рожают и будут рождать меньше или ровно столько детей, чтобы сменить их и их мужей в следующем поколении.

Рубеж тысячелетий запомнится еще тремя важными изменениями. Во-первых, ни один человек, умерший до 1930 г., не застал удвоения численности населения мира. Тем, кто родится позже 2050 г., тоже не суждено будет пережить двукратное увеличение количества землян. Зато все, кому сегодня за 45, стали свидетелями роста численности населения с 3 млрд. человек в 1960 г. до 6,5 млрд. в 2005 г. Максимальный темп прироста населения (примерно 2,1% в год) наблюдался между 1965 и 1970 гг. Численность населения мира никогда не увеличивалась с такой скоростью до XX в. и едва ли будет возрастать такими же темпами когда-либо еще. Наши потомки будут смотреть на максимальные темпы прироста населения в конце 1960-х гг. как на самое важное демографическое явление в истории планеты.

Во-вторых, значительное снижение темпов глобального прироста населения до 1,1–1,2% в год прежде всего стало результатом решения миллиардов супружеских пар ограничить число детей. В прошлом процесс глобального изменения численности населения шел неравномерно. Например, во время серьезных бедствий и войн снижались не только темпы прироста, но и абсолютная

численность населения мира. До XX в. снижение рождаемости не было намеренным.

И наконец, 50 лет назад началось и в следующие полвека будет продолжаться колоссальное смещение демографического баланса между развитыми и развивающимися регионами планеты. В 1950 г. численность населения в развивающихся странах была примерно вдвое больше, чем в развитых, а к 2050 г. это соотношение превысит шесть к одному.

В этой статье основное внимание уделено четырем основным тенденциям, которыми будут определяться изменения населения мира в предстоящие полвека, и некоторым их последствиям в долгосрочной перспективе. Численность населения увеличится, темпы его прироста замедлятся, городских жителей будет больше, и в среднем люди будут старше, чем в XX в. Разумеется, точные оценки остаются весьма неопределенными: например, небольшие изменения предполагаемой рождаемости окажут огромное влияние на прогнозируемую общую численность населения. Тем не менее на основе прогнозов можно получить представление об отдельных проблемах, с которыми человечество столкнется в ближайшие 50 лет.

## Быстрый, но замедляющийся прирост

Хотя темпы прироста населения снизились по сравнению с 1970 гг., логика формирования его состава означает, что их нынешний уровень все же выше, чем до Второй мировой войны. Впервые численность мирового населения достигла миллиардной отметки лишь в начале XIX в. Нынешнее же население Земли увеличится на 1 млрд человек всего за 13–14 лет. По прогнозам, в 2050 г. на нашей планете будет 9,1 млрд. жителей, плюс-минус 2 млрд. в зависимости

от будущих уровней рождаемости и смертности. Ожидаемое к 2050 г. увеличение численности населения мира на 2,6 млрд. человек по сравнению с 6,5 млрд. в 2005 г. превышает общую численность населения в 1950 г., которая составляла 2,5 млрд. человек.

Количество людей в настоящее время увеличивается на 74–76 млн. человек в год (примерно четверть населения современных Соединенных Штатов), однако в основном не в столь богатых странах, как США. В период между 2005 и 2050 гг. по меньшей мере втрое возрастет население Афганистана, Буркина-Фасо, Бурунди, Чада, Конго, Демократической Республики Конго, Восточного Тимора, Гвинеи-Бисау, Либерии, Мали, Нигерии и Уганды, т.е. самых бедных государств.

Ожидается, что прирост населения в ближайшие 45 лет будет происходить в менее развитых

в экономическом отношении регионах. Несмотря на более высокий уровень смертности во всех возрастных группах, численность населения бедных стран увеличивается быстрее, поскольку в них значительно выше уровень рождаемости. В настоящее время средняя женщина в бедных странах рождает почти вдвое больше детей (2,9 ребенка), чем в богатых (1,6 ребенка).

Половина прироста населения планеты будет приходиться всего на девять стран. Перечислим их в порядке убывания ожидаемого вклада: Индия, Пакистан, Нигерия, Демократическая Республика Конго, Бангладеш, Уганда, США, Эфиопия и Китай. Единственное богатое государство в списке — США, где примерно треть прироста населения происходит за счет высокого уровня иммиграции.

Численность населения пятидесяти экономически развитых стран, напротив, к 2050 г. уменьшится. Ожидается, что население Германии сократится с 83 до 79 млн. человек, Италии — с 58 до 51 млн., Японии — со 128 до 112 млн., России — со 143 до 112 млн. (!). Впоследствии численность населения России будет немного меньше, чем Японии.

Замедление темпов прироста населения во всем мире означает, что XX в. был, вероятно, последним столетием в истории человечества, на протяжении которого численность молодых людей была больше, чем численность людей старшего возраста. Процент детей в возрасте до четырех лет включительно был максимальным в 1955 г. и составлял 14,5%, но к 2005 г. постепенно уменьшился до 9,5%, в то время как процент людей старше 60 лет возрос с 8,1% в 1960 г. до 10,5% в 2005 г. На рубеже тысячелетий каждая из этих групп составляла около 10% человечества. Теперь пожилых людей всегда будет больше.

То обстоятельство, что процент молодых и пожилых людей поменялся местами, отражает повышение выживаемости и снижение рождаемости. Средняя продолжительность жизни увеличилась с 30 лет в начале XX в. до более чем 65 лет в начале XXI в. Однако более сильное влияние оказывает снижение рождаемости, из-за которого численность молодых людей увеличивается медленнее.

В 2050 г. в экономически развитых регионах каждый третий житель будет старше 60 лет, а в отсталых — лишь каждый пятый. Зато в одиннадцати беднейших странах — Афганистане, Анголе, Бурунди, Чаде, Демократической Республике Конго, Экваториальной Гвинее,

Средний прогноз, согласно которому численность населения мира составит в 2050 г. 9,1 млрд. человек, основан на предположении, что рождаемость по-прежнему будет снижаться. Если в среднем женщины будут рожать на 0,5 ребенка больше, чем предполагается, в 2050 г. на Земле будет 10,6 млрд. человек, а если на 0,5 ребенка меньше, то 7,7 млрд. человек. Если современный уровень рождаемости не будет меняться вплоть до 2050 г., то население планеты достигнет 11,7 млрд. человек.



#### ПРОБЛЕМА:

К 2050 г. численность населения Земли увеличится почти на 50%: с 6,5 млрд. до 9,1 млрд. человек. Практически весь прирост будет происходить в уже существующих или новых городах развивающихся стран. За этот же период население многих развитых стран сократится. Снижение рождаемости и увеличение продолжительности жизни во всем мире приведут к увеличению процента пожилых людей, т.е. потенциальных иждивенцев.

#### ПЛАН:

Сделать побольше пирогов, поменьше вилок и воспитать едоков. Увеличить производственные возможности людей за счет инвестирования в образование, здравоохранение и технику. Расширить доступ к репродуктивной медицине и контрацепции, способствующей добровольному замедлению прироста населения. Улучшить жизненные условия, проведя реформу экономических, политических, гражданских и социальных институтов, а также обеспечить социальное и правовое единство.



Гвинеи-Бисау, Либерии, Мали, Нигере и Уганде — половина населения будет младше 23 лет.

Если современные тенденции сохранятся до 2050 г., прирост населения будет почти полностью происходить в городских районах. Иными словами, в ближайшие 45 лет население бедных стран будет каждую неделю увеличиваться на миллион горожан.

Несмотря на то что есть множество долгосрочных демографических прогнозов, экономические модели для их составления пока недостаточно проработаны. Такие прогнозы уязвимы для непредсказуемых институциональных, технологических и политэкономических изменений. Тем не менее согласно большинству моделей мир станет богаче. По самым оптимистичным оценкам, соотношение дохода на душу населения в промышленных странах к доходу на душу населения в развивающихся может снизиться с 16 в 1990 г. до 6,6–2,8 в 2050 г. Впрочем, авторы целого ряда моделей предостерегают мир от беспросветной бедности.

Прогнозы, в соответствии с которыми в развивающихся государствах появятся еще миллиарды людей, а во всех других странах возрастет число стариков, в сочетании с надеждами на экономический рост, особенно для бедных жителей планеты, вызывают в некоторых кругах обеспокоенность по поводу способности нашей Земли выносить «человеческую нагрузку» сейчас и в будущем.

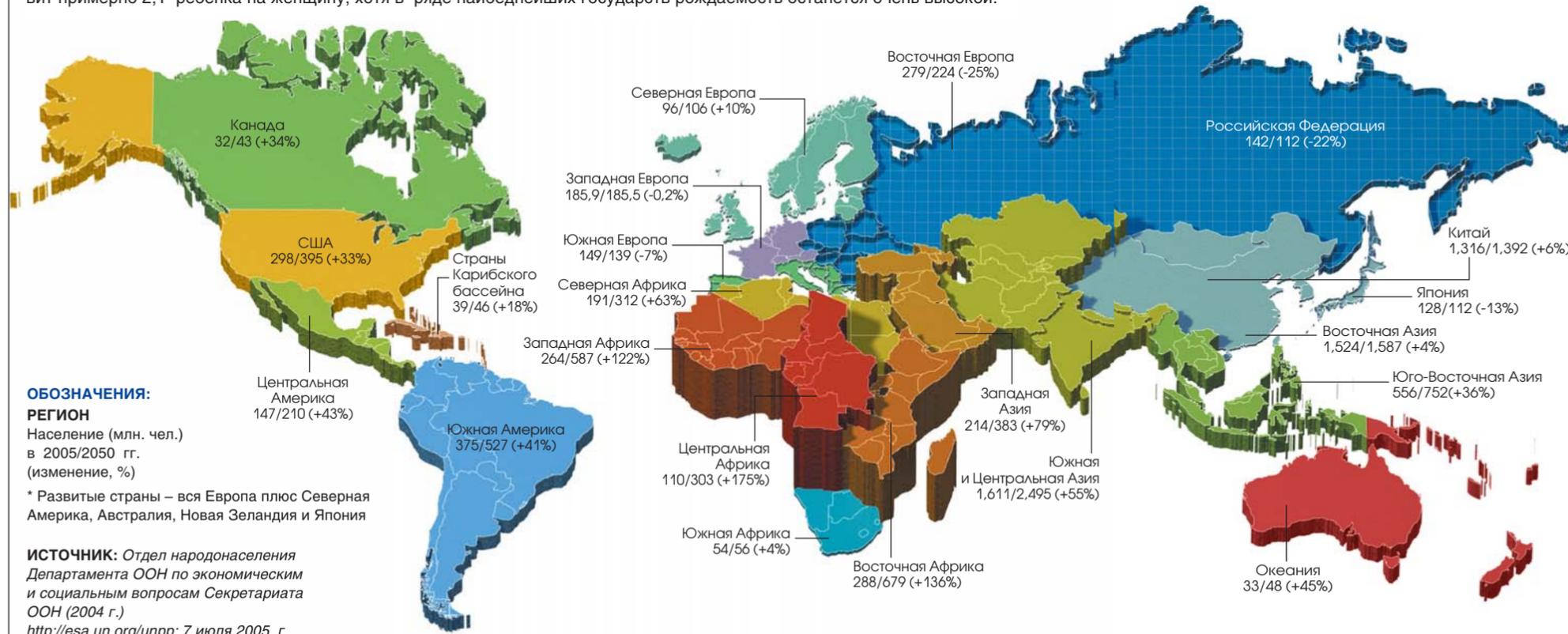
#### В тесноте, да не в обиде?

В краткосрочной перспективе на планете хватит места и пищи (по крайней мере на минимальном для выживания уровне) для количества людей, в полтора раза большего, чем живет сейчас: в настоящее время выращивается достаточно зерновых культур, чтобы прокормить 10 млрд. человек. Однако, как отметил в 1991 г. демограф-социолог Кингсли Дэвис (Kingsley Davis), «в мире нет ни одной страны, где люди довольствовались бы только тем, что у них достаточно пищи». Вопрос в том, смогут ли в 2050 г. миллиарды людей, а также их дети и внуки жить в условиях свободы выбора и материального процветания, как бы они ни определяли эти понятия в будущем. Иными словами, вынесет ли Земля «человеческую нагрузку»?

Эта проблема — ровесница письменности. Судя по табличкам с клинописью, датированным 1600 г. до н.э., еще вавилоняне пугало, что мир полон людей. В 1798 г. Томас Мальтус (Thomas Malthus) вновь выразил обеспокоенность по этому поводу, как и Донелла Мидоус (Donella Meadows) в своей книге «Пределы роста», вышедшей в 1972 г. Оптимисты успокаивали озабоченных перенаселением тем, что боги или технологии, несомненно, обеспечат благополучие человечества.

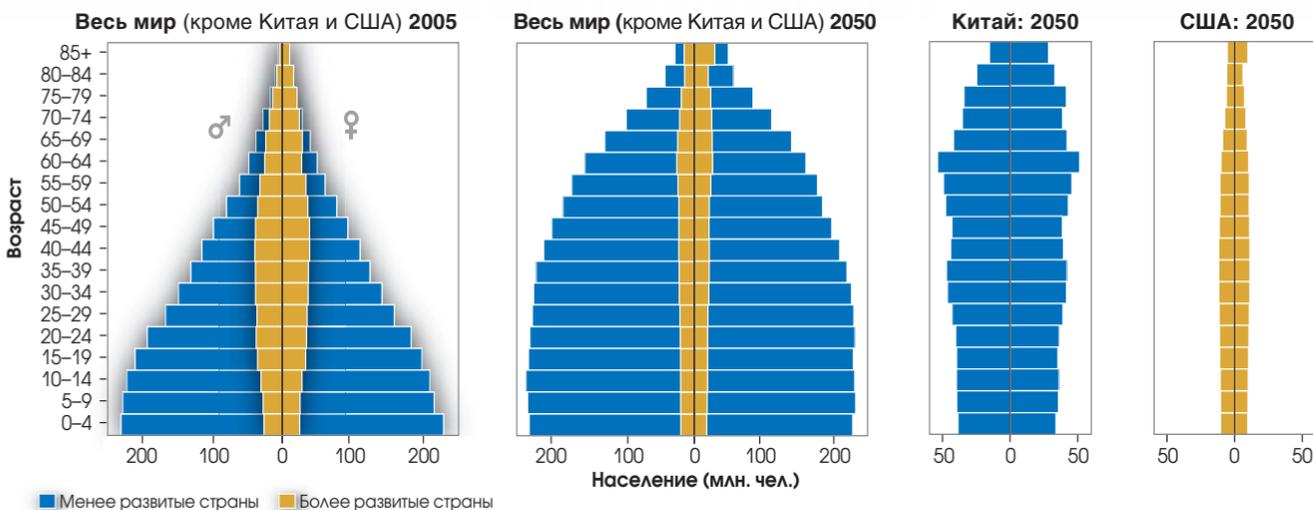
Пытаясь вычислить, проживание скольких людей может обеспечить Земля, средневековые ученые полагали, что необходимые для

Неравномерные темпы роста народонаселения приведут к дальнейшему изменению соотношения между богатыми и бедными странами. Сейчас 1,2 млрд. человек проживают в развитых\* странах; остальные 5,3 млрд. – в развивающихся. В 2050 г. численность населения богатых стран останется на уровне 1,2 млрд. человек, а в бедных странах увеличится до 7,9 млрд. Из-за снижения рождаемости с 2010 г. население некоторых богатых стран начнет сокращаться. Средняя рождаемость в развивающихся странах также будет снижаться, и к 2035 г. уровень воспроизводства составит примерно 2,1 ребенка на женщину, хотя в ряде наихудших государств рождаемость останется очень высокой.



**ОБОЗНАЧЕНИЯ:**  
**РЕГИОН**  
 Население (млн. чел.) в 2005/2050 гг. (изменение, %)  
 \* Развитые страны – вся Европа плюс Северная Америка, Австралия, Новая Зеландия и Япония

**ИСТОЧНИК:** Отдел народонаселения Департамента ООН по экономическим и социальным вопросам Секретариата ООН (2004 г.)  
<http://esa.un.org/unpp>; 7 июля 2005 г.



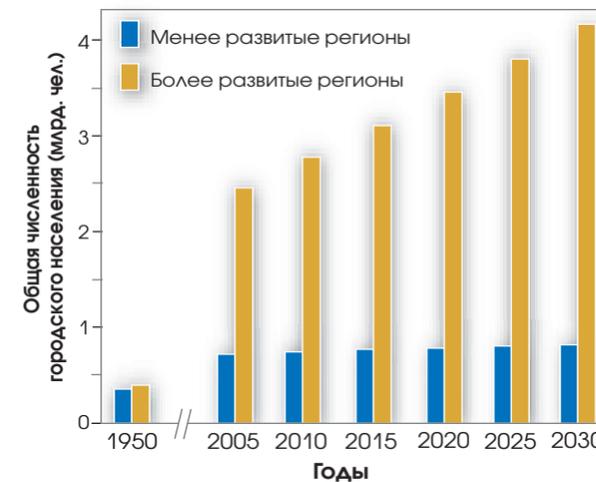
**ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ** населения обусловлен различием уровней рождаемости. В развивающихся странах, где наблюдается быстрый прирост населения, диаграмма возрастов напоминает пирамиду с широким основанием. В развитых странах, где низка рождаемость и велик процент пожилых людей, она выглядит как колонна, верхняя часть которой станет шире в ближайшие 45 лет. Китай и США являются исключением в своих категориях. Благодаря проводимой политике «одна семья – один ребенок» по структуре населения Китай ближе к развитым странам. Из-за большого притока иммигрантов в США больше молодых жителей, чем в большинстве развитых стран.

существования жизнеспособного общества условия можно измерить в единицах площади. Первый известный нам количественный расчет был проведен в 1679 г. Антониом ван Левенгуком (Antoni van Leeuwenhoek), по оценкам которого территория населенных районов планеты была в те годы в 13 385 раз больше территории Голландии, а численность населения последней составляла около 1 млн. человек. «Если бы вся обитаемая суша была заселена так же плотно, как Голландия, — писал он, — то на Земле проживало бы 13 385 млн. человек».

Продолжая эту традицию, Матис Вакернагель (Mathis Wackernagel), автор концепции «экологического следа», попытался в 2002 г. количественно оценить, сколько земли люди используют для добычи ресурсов и захоронения отходов. Тогда было установлено, что в 1961 г. человечество использовало биосферу на 70%, а в 1999 г. — на 120%. Другими словами, с 1999 г. люди используют окружающую среду настолько интенсивно, что она просто не успевает восстанавливаться. Разумеется, такое положение дел было оценено как недопустимое.

У описанного подхода есть ряд недочетов. Возможно, наиболее серьезный из них заключается в использовании одного-единственного параметра — площади биологически продуктивного участка земли. Например, чтобы выразить через земельные единицы использование энергии, Вакернагель подсчитал, какая площадь леса необходима для поглощения выбросов двуоксида углерода. При этом почему-то не принимались во внимание солнечные, гидро- и атомные электростанции, не выделяющие углекислого газа. Если бы энергетика стала полностью атомной, то дело было бы не в выделении углекислого газа, а в появлении большого количества отработанного ядерного топлива. Проблема с поддержанием жизни людей остается актуальной, но биологически продуктивная площадь не является подходящим показателем для ее определения.

В качестве единственного фактора предлагалось также использовать количество воды, энергии, пищи и различных химических элементов, необходимых для ее производства. Недостаток каждого одиночного показателя, характеризующего возможность поддержания жизни людей на Земле, состоит в том, что его значение зависит от других величин. Например, если не хватает пресной воды, а энергия имеется в изобилии, то можно опреснять и транспортировать огромные объемы морской воды. Но если энергия обходится дорого, такое решение неприемлемо.



**ЧИСЛЕННОСТЬ ГОРОДСКОГО** населения в бедных государствах увеличивается гораздо быстрее, чем в богатых. Около 60% прироста горожан в развивающихся странах будут обусловлены тем, что уровень рождаемости там выше уровня смертности; остальные 40% – миграцией сельских жителей в города.

При выяснении максимальной численности населения Земли труднее всего разобраться, какие ограничения накладывает природа и какие обуславливаются выбором решений, принимаемых людьми.

Чего хотят люди и что они готовы принять как средний уровень распределения материального благосостояния в 2050 г. и позже? Какие технологии будут использоваться? Какие внутренние и международные организации будут отвечать за урегулирование конфликтов? Какие экономические структуры будут предоставлять кредиты, управлять торговлей, устанавливать нормы и заниматься инвестициями? Какие социальные и демографические институты будут влиять на рождаемость, здравоохранение, образование, вступление в брак, миграцию и смертность? Какой уровень риска природных катаклизмов люди сочтут допустимым? И наконец, какими будут ценности и вкусы людей в будущем? Как отметил в 1977 г. антрополог Дональд Хардести (Donald L. Hardesty), «участок земли могут рассматривать как непригодный для проживания не из-за неплодородной почвы, а потому что он считается священным или населенным призраками». В книге «Сколько людей прокормит Земля?» я собрал и проанализировал более полусотни

публикаций, авторы которых попытались рассчитать максимальную численность населения планеты. В прогнозах последних 50 лет ее значение колеблется от 1 млрд. до 1000 млрд. человек. Разумеется, почти все оценки имеют под собой политическую подоплеку и даны, чтобы убедить людей либо в том, что на Земле уже живет слишком много людей, либо в том, что о быстром приросте населения не стоит беспокоиться.

Научные данные должны описывать окружающую действительность. Поскольку прогнозы потенциала проживания людей на Земле не дают ясного ответа на приведенные выше вопросы, принимая во внимание расхождение во мнениях по их поводу в различных обществах и культурах, можно сказать, что научных оценок предельной глобальной численности населения не существует.

Уделяя слишком много внимания способности Земли выносить «человеческую нагрузку», мы отвлекаемся от насущной задачи — сделать так, чтобы завтра было лучше, чем сегодня. А ведь для ее решения необходимо привлечь науку и принять конструктивные меры. Поэтому давайте рассмотрим две важные демографические тенденции: урбанизацию и старение населения.

### НЕПРЕДСКАЗУЕМАЯ МИГРАЦИЯ

Миграция не оказывает непосредственного влияния на численность мирового населения, но может способствовать замедлению его прироста. Перебравшись из районов с высокой рождаемостью в районы с низкой, иммигранты и их дети со временем перенимают обычаи своей новой родины, в том числе в смысле планирования семьи. Согласно прогнозам, с 2005 по 2050 г. в экономически развитых регионах въезжающих будет примерно на 2,2 млн. больше, чем выезжающих, причем половина из них прибудут в США. В отличие от большинства демографических параметров, международная миграция во многом зависит от политики национальных правительств. Если ее современный уровень не изменится, то 98 млн. мигрантов, которые переберутся в развитые страны за 2005–2050 гг., с избытком компенсируют ожидаемое снижение численности их населения на 73 млн. человек, обусловленное превышением смертности над рождаемостью. Различные сценарии международной миграции не окажут заметного влияния на прогнозируемое резкое увеличение доли пожилых иждивенцев в богатых государствах, но могут значительно повлиять на численность их населения.

Например, в 2000 г. американское Бюро переписи населения составило прогнозы численности населения страны на 2050 г. в зависимости от различных уровней иммиграции. Результаты разнились от 328 млн. человек при нулевой миграции (прирост населения 20%) до 553 млн. человек при максимальном (2,8 млн. человек в год) уровне иммиграции (прирост населения 80%). Однако независимо от размеров миграции, с 2010 по 2035 г. отношение числа пожилых людей к числу молодых в США сначала будет резко возрастать, а затем повышаться постепенно. При нулевом уровне иммиграции в 2050 г. оно достигнет 39%, а при максимальном — 30%.



### Бум или взрыв?

Многие крупные города возникли в районах успешной сельскохозяйственной или торговой деятельности, как правило, на плодородных равнинах или на морских побережьях. Судя по всему, в ближайшие полвека количество горожан возрастет с 3 млрд. до 6 млрд., а численность сельских жителей останется на уровне 3 млрд. человек. Если при этом плотность населения в мегаполисах останется прежней, то их площадь придется увеличивать за счет пригородных сельскохозяйственных угодий, а увеличение объема отходов приведет к катастрофическому загрязнению прибрежных вод.

Сейчас города занимают 2–3%, а пригодные для земледелия территории — 10–15% свободной от льда суши. Развитие крупных городов должно быть спланировано таким образом, чтобы они не поглащали пригодные для сельского хозяйства земли. Менее чем через полвека каждой крестьянке (сегодня большинство сельскохозяйственных рабочих составляют женщины) придется кормить уже не одного, а двух горожан. Повышение спроса на продукты питания и увеличение поставок сельскохозяйственной техники, возможно, позволит сельчанам улучшить свое благосостояние, как это произошло во многих развитых странах. С другой стороны, для получения хороших урожаев будет использоваться все больше химических удобрений и биоцидов, что создаст колоссальную нагрузку на окружающую среду.

Чтобы урбанизация не привела к вспышкам инфекционных заболеваний, особое внимание следует уделить развитию канализационных и водопроводных систем. Вместе с тем город обеспечивает жителей услугами системы здравоохранения, предлагает множество рабочих мест, а также предоставляет широкие культурные и образовательные возможности.

Урбанизация будет идти рука об руку с социальными изменениями, вызванными старением населения. В крупных городах наибольших успехов добиваются молодые, высокообразованные работники, а присущая им мобильность приводит к ослаблению традиционных родственных связей, обеспечивающих пожилым людям поддержку семьи. Ожидается, что начиная с 2010 г. в развитых странах ускорится рост коэффициента иждивенчества, т.е. отношения числа людей в возрасте 65 лет и старше к числу людей в возрасте от 15 до 64 лет. В развивающихся странах он будет возрастать гораздо медленнее, и к 2050 г. его значение приблизится к уровню, существовавшему в более развитых странах в 1950 г.



Впрочем, экономическое бремя, создаваемое пожилыми людьми, будет зависеть от состояния их здоровья, от наличия экономических институтов, способных предложить им работу, и от социальных механизмов их поддержки. В целом состояние здоровья людей преклонного возраста год от года улучшается, несмотря на серьезные проблемы в странах, переживающих переходный период. Поскольку пожилые люди прежде всего полагаются на свою вторую половину, семейное положение существенно влияет на условия их жизни. Женатым и замужним старикам гораздо реже требуется поддержка специальных учреждений, чем их одиноким, разведенным или вдовым сверстникам.

Разумеется, судьба престарелых граждан также зависит от наличия заботливого потомства и социально-экономического статуса, причем в первую очередь — от уровня образования. Чтобы справиться с проблемой старения населения, необходимо уже сегодня вкладывать деньги в образовательные программы, способствующие здоровому образу жизни и стабильности брака. Другая очевидная стратегия — инвестирование средств в экономические и социальные институты, позволяющие повысить производительность труда и социальную адаптивность пожилых людей.

Никто не знает наверняка, как помочь Земле вынести «человеческую нагрузку», поскольку никому не известен «пункт назначения» цивилизации, если таковой вообще существует. Однако мы знаем, что можно сделать сегодня, чтобы завтра было лучше, чем вчера. Как заметил экономист Роберт Кассен (Robert Cassen): «Фактически все, что в интересах населения, необходимо делать в любом случае». ■

(В мире науки, № 12, 2005)



# ГИБЕЛЬ ЦИВИЛИЗАЦИИ?

Джордж Массер

Три великие исторические тенденции определяют облик сегодняшнего мира. Понимание их дает нам возможность решать насущные проблемы современности, а не отступать перед ними

Двадцать первый век разочаровал. Нам обещали летающие автомобили, колонии в космосе и 15-часовую рабочую неделю. Роботы должны были выполнять за нас всю черную работу (по крайней мере когда не заняты подготовкой к восстаниям). Мы надеялись, что дети будут узнавать о существовании болезней только из учебников истории, а портативные ядерные реакторы разместятся на полках ближайшего универмага. Даже самые пессимистические прогнозы предсказывали мощный прорыв в области технологий и социального устройства, который, впрочем, должен был стереть нашу цивилизацию с лица Земли.

Однако если отвлечься от непомерных ожиданий, становится очевидно, что новый век будет одним из самых удивительных периодов в истории человечества. Три великих процесса, порожденных промышленной революцией, приближаются к своей кульминации. После столетий головокружительного роста численность населения земли стабилизируется. Если существующие демографические тенденции сохранятся, то к середине нашего века равновесие установится на отметке 9 млрд. человек. В то же время уходит в небытие нищета — и в процентном отношении, и в абсолютных цифрах. Если Китай и Индия и дальше будут двигаться по экономическому пути Японии и Южной Кореи, то к 2050 г. среднестатистический китаец достигнет процветания нынешнего жителя Швейцарии, а жизненный уровень индуса повысится до благосостояния современных израильтян. Однако по мере того как численность и благополучие человечества растут, оно все ближе подходит к пределам возможностей планеты. Сегодня мы выбрасываем в атмосферу в три раза больше углекислого газа, чем природа способна поглотить. Климатологи предполагают, что уже к середине века всерьез будут сказываться последствия глобального потепления. При сохранении нынешних темпов добычи природных ресурсов запасы леса и рыбы истощатся еще раньше.

Историки будущего, изучая нашу эпоху, выделят, вероятно, три параллельных и взаимосвязанных процесса — радикальные изменения в области демографии, экономики и взаимодействия с окружающей средой. На наших глазах трансформируется буквально весь миропорядок — от геополитики до структуры семьи. И в связи с этим возникают проблемы невиданных доселе масштабов. Как считает биолог Е.О. Вильсон (E.O. Wilson) из Гарвардского университета, нам предстоит пройти через «бутылочное горлышко» — период максимальной нагрузки на природные ресурсы и пика человеческой изобретательности.

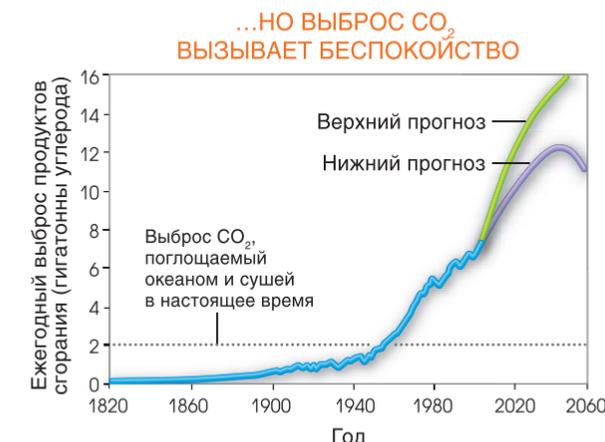
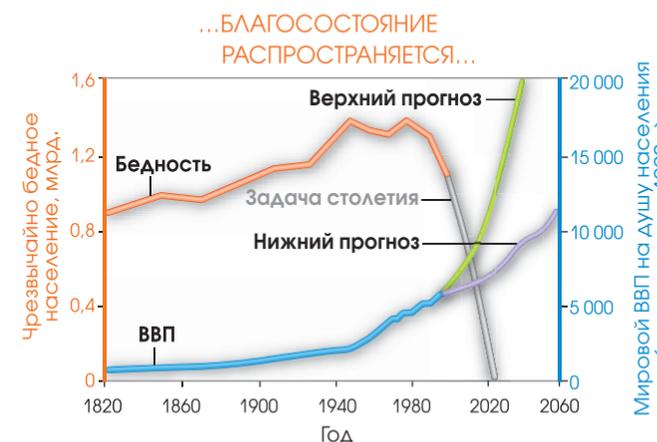
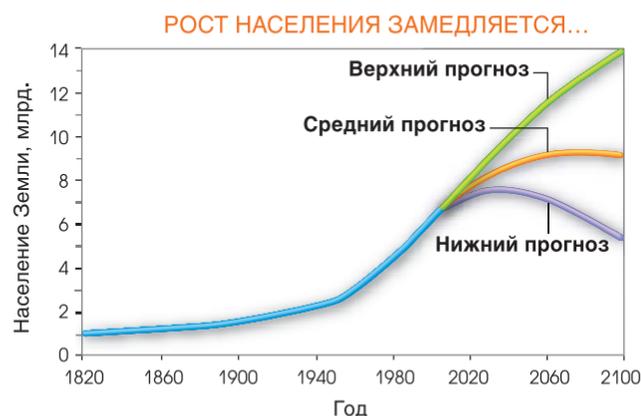
Мы ежедневно ощущаем на себе силу происходящих перемен. Мегалополисы разрослись так, что человеку легко заблудиться в своем родном городе. А размеры семьи сжимаются на глазах — все больше детей растут не только без родных братьев и сестер, но и без двоюродных, без дядь и тетей (это грустно, но в противном случае единственным альтернативным путем стабилизации численности населения оказывается повышение смертности). Полки магазинов завалены китайскими товарами, индусы обеспечивают связь, а жители Азии, в свою очередь, покупают все больше продукции Запада. Вследствие глобального потепления весенние цветы распускаются на неделю раньше, чем 50 лет назад, а в ресторанах подают другую рыбу, поскольку та, которую готовили раньше, уже вся выловлена.

Если посмотреть на нашу эпоху в контексте истории, можно увидеть перспективы мирового развития. Многие из возникающих проблем оказываются прямыми или косвенными последствиями роста населения. Стабилизация численности жителей Земли позволит забыть о некоторых из них. Протиснуться через бутылочное горлышко нелегко, однако если мы справимся, худшее останется позади.

Переживаемые человечеством перемены очерчивают круг стоящих перед нами проблем. Уже сейчас исследователи могут подсчитать, хотя бы

примерно, сколько людей способна «содержать» Земля, какие у них будут потребности и запросы, оценить имеющиеся ресурсы и прогнозировать дальнейшее протекание различных глобальных процессов. В настоящее время экономический рост достигается за счет повышения производительности труда, увеличения числа работающих и расходования все большего количества ресурсов. Ко второй половине нашего века человечество, возможно, придет к равновесию, при котором развитие экономики будет обеспечиваться лишь за счет роста производительности труда — что в значительной степени разрешит конфликт между цивилизацией и окружающей средой. Однако старые проблемы уступят место новым, которые уже наметились в наиболее развитых странах. Дебаты в США по поводу социальных гарантий, озабоченность европейцев и японцев вопросами пенсионного обеспечения — это голос общества, планирующего свою жизнь после завершения роста населения.

Демографы приобрели в глазах общества неоднозначную репутацию. Разве тридцать лет назад перенаселение не считалось одной из самых серьезных проблем? Книга Поля Эрлиха (Paul Ehrlich) «Демографическая бомба» стала тогда бестселлером. Фильм «Цвет соевой поросли» с Чарлтоном Хестоном (Charlton Heston) в главной роли рисовал драматическое будущее, где людям в мире тесно, словно дровам в поленнице, а питаться они вынуждены маленькими квадратными брикетами некоей белесой субстанции, похожей на творог. Однако позднее маятник качнулся в другую сторону — в моду вошла тема вымирания человечества, озвученная неоконсерватором Николасом Эберстедтом (Nicholas Eberstadt). И все тот же Хестон снялся в другом фильме, «Человек Омега», в котором человечество практически полностью исчезает с лица земли.



Так сколько же нас будет — слишком много или слишком мало?

Исследования ученых вовсе не были шараханьем из стороны в сторону, как может показаться. Численность семей в развивающихся странах сокращалась быстрее, чем ожидалось, однако прогнозы, опубликованные в 1974 г. в специальном выпуске *Scientific American*, посвященном вопросам демографии, в целом выдержали проверку временем. На самом деле сценарии обоих вышеназванных фильмов содержат в себе долю истины. Человечество все еще растет чрезвычайно быстро в абсолютных цифрах, и то, что нам до сих пор удавалось избежать мальтузианских кошмаров, вовсе не гарантирует спокойного будущего. Однако снижение темпов роста также вызывает беспокойство. История показывает, что общества со стабильной или убывающей численностью населения, как правило, приходили в упадок.

Сторонники одного сценария игнорируют аргументы приверженцев другого, надеясь, что все образуется само собой. Но стоит лишь избавиться от однобоких оценок, как начинают проступать контуры всеобъемлющего плана действий. Вероятно, это не единственный путь вперед, однако он может стать отправной точкой для обсуждения проблемы.

Основная идея такова, что интересы промышленности и природы не обязательно должны вступать в конфликт. Традиционно вопросы экономики и окружающей среды рассматривают в совершенно разных плоскостях. Наиболее важные показатели хозяйственной деятельности, в том числе валовый внутренний продукт (ВВП), не берут в расчет истощение ресурсов; по сути дела, они измеряют лишь поток денежных средств, а не баланс активов и долгов. Если вырубить весь лес под корень, то ВВП подскочит — несмотря

на то что фактически тем самым уничтожается потенциал, который мог бы обеспечить устойчивый доход в будущем.

Вообще говоря, те цены, которые мы платим за товары и услуги, редко включают в себя затраты на восстановление природных ресурсов. Мы надеемся, что расплачиваться по счетам будет кто-то другой — но этим другим обычно в конечном счете оказываемся мы сами. Согласно одной из оценок, средний американский налогоплательщик выкладывает по \$20 тыс. в год на субсидирование сельского хозяйства, транспорта, горнодобывающей промышленности и других видов деятельности, оказывающих сильное влияние на окружающую среду. Искаженные приоритеты рынка не дают потребителям и производителям стимулов бережно относиться к природе. Восторгаясь бесценными красотами гор и лесов, «зеленые» невольно лишь усиливают эту тенденцию, поскольку их требования трудно совместить с насущными интересами людей. В качестве яркого примера взаимного непонимания можно привести закон об исчезающих видах. Экологи ставят в вину лесозаготовителям вымирание пятнистых сов; те же заявляют, что причина безработицы в отрасли — неоправданное рвение фанатичных орнитологов. На самом деле и совы, и люди стали жертвами неразумного ведения лесного хозяйства.

В последние годы экономисты и природоохранные организации объединились для того, чтобы определить цену благ, даруемых нам нашей Землей. Смысл вовсе не в том, чтобы унижить ее; наоборот, после всех подсчетов стало очевидно, насколько мы от нее зависим. В докладе *Millennium Ecosystem Assessment*, опубликованном в начале 2005 года, перечислены те услуги — от опыления цветов до очистки воды, — которые людям пришлось бы оказывать самим себе, причем

за огромные деньги, если бы этого не делала природа. Авторы доклада обнаружили, что из 24 основных даров, предоставленных планетой в наше распоряжение, 15 расходуются нами быстрее, чем идет их естественное восстановление.

Если выразить природу в денежной форме, то оказывается, что все, что хорошо для экологии, полезно и для экономики, и даже для отдельных секторов бизнеса. Например, рыбаки получают максимальный доход при условии, что поддерживают добычу рыбы на определенном уровне; если же его превысить, то и улов, и доход будут сокращаться по мере того, как все больше людей будут гоняться за все меньшим количеством рыбы. Жизнь не всегда устроена так, как нам хочется. Общество должно иногда идти на компромиссы. Но оно только начинает осваивать беспроторные пути.

Если те, кто принимает решения, осознают правильность такой «стратегии компромиссов», то будущее человечества будет обеспечено оптимальными решениями в самых разных областях: скольким детям семья может дать достойное воспитание; где лучше пасти скот, чтобы не нанести непоправимого ущерба травяному покрову; как утеплять дома, чтобы максимально сохранить тепло и т.д. Однако из таких, казалось бы, мелочей как раз и складывается прогресс. Богатым общество делают отнюдь не компьютеры и DVD-проигрыватели — сегодня их можно найти в любой убогой деревушке, — а надежные канализационные трубы, мягкая постель, ощущение физической и экономической безопасности. Если наука и техника сделают такие блага доступными всем людям, то именно это, а не организация космических колоний, станет подлинным достижением цивилизации и выведет общество на принципиально новый уровень. ■

(В мире науки, № 12, 2005)

## АВТОРЫ

**Баумейстер Рой** (Roy Baumeister) — профессор психологии Университета штата Флорида.

**Бауэр Джеймс** (James M. Bower) — профессор компьютерной нейробиологии Центра томографических исследований при Техасском университете в Сан-Антонио и Центра нейробиологии им. Кахаля. Основатель журнала Journal of Computational Neuroscience.

**Величковский Борис Митрофанович** — профессор, доктор психологических наук, эксперт Комиссии Европейского Союза в области новых и зарождающихся наук и технологий, директор института психологии труда, организационной и социальной психологии Дрезденского университета.

**Вос Кетлин** (Katheleen D. Vohs) — заведующий научно-исследовательской кафедрой маркетинга и психологии потребителя в Школе бизнеса Саудера при Университете Британской Колумбии.

**Гейдж Фред** (Fred H. Gage) — профессор генетики в Институте биологических исследований Джонаса Солка и доцент Калифорнийского университета в Сан-Диего. Действительный член Американской ассоциации продвижения науки и член Национальной академии наук и Института медицины. С 2002 г. президент Общества нейронаук.

**Гольдберг Элхонн** — нейропсихолог, ученик А.Р. Лурия, выпускник МГУ, профессор Нью-Йоркского университета и директор Института нейропсихологии и познавательных процессов, дипломант Американского совета профессиональной психологии в области клинической нейропсихологии.

**Гоулд Пол** (Paul E. Gold) — профессор психологии и нейробиологии в Иллинойском университете (г. Эрбана и Шампейн).

**Делоачи Джуди** (Judy DeLoache) — профессор психологии Иллинойского университета, специализируется на раннем когнитивном развитии и формировании символического мышления.

**Джордж Массер** — корреспондент и редактор Scientific American.

**Иваницкий Алексей Михайлович** — член-корреспондент РАН, профессор, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией высшей нервной деятельности человека Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, лауреат Золотой медали им. И.П. Павлова РАН за цикл работ по физиологическим основам психики и сознания человека.

**Капица Сергей Петрович** — член Европейской Академии, президент Евразийского физического общества, академик Академии Российского телевидения и Российской академии «Интернет», профессор, доктор физико-математических наук, главный редактор журнала «В мире науки».

**Кемпбелл Дженнифер** (Jennifer D. Campbell) — почетный профессор психологии Университета Британской Колумбии штата Ванкувер.

**Козн Джоэл** (Joel E. Cohen) — профессор, глава лаборатории народонаселения в Рокфеллеровском и Колумбийском университетах, лауреат премии Тайлера за достижения в охране окружающей среды, премии Нордберга за труды, посвященные вопросам народонаселения, и премии Фреда Соупера Панамериканской организации здравоохранения за изучение болезни Чагаса.

**Кристинсен Дэниел** (Daniel D. Christensen) — профессор психиатрии и неврологии Медицинской школы Университета штата Юта.

**Крюгер Джоаким** (Joakim I. Kruger) — профессор психологии Университета Брауна.

**Кэхилл Ларри** (Larry Cahill) — доцент нейробиологии, научный сотрудник Центра нейробиологии обучения и памяти при Калифорнийском университете в Ирвине.

**Левин Яков Иосифович** — профессор, доктор медицинских наук, директор Сомнологического центра Минздрава России.

**Маленка Роберт** (Robert C. Malenka) — профессор психиатрии и этологии Медицинской школы Стэнфордского университета.

**Матюгин Игорь Юрьевич** — доктор педагогических наук, возглавляет Школу Эйдетики.

**Найколл Роджер** (Roger A. Nicoll) — профессор фармакологии Калифорнийского университета.

**Нестлер Эрик** (Eric J. Nestler) — профессор, декан психиатрического факультета Юго-Западного медицинского центра Техасского университета в Далласе.

**Николелис Мигель** (Miguel A. L. Nicolelis) — профессор нейробиологии, биомедицинской технологии и нейропсихологии в Университете Дьюка, один из директоров Центра нейротехнологии.

**Парсонс Лоренс** (Lawrence M. Parsons) — профессор когнитивной нейробиологии Центра томографических исследований, член редколлегии журнала Human Brain Mapping и совета Международного фонда музыкальных исследований.

**Рамачандран Вилаянур** (Vilayanur S. Ramachandran) — директор Центра мозга и познания при Калифорнийском университете в Сан-Диего и адъюнкт-профессор в Институте биологических исследований Солка. Удостоен золотой медали им. Аренса Капперса в Королевской Нидерландской академии и звания члена совета Колледжа Соулсов Оксфордского университета.

**Росс Филип** (Philip Ross) — научный журналист. Сотрудничает с Scientific American, Acumen Journal of Sciences, IEEE Spectrum, Red Herring, Forbes, а также с The New York Times.

**Садовничий Виктор Антонович** — ректор МГУ, президент Российского союза ректоров, член-корреспондент РАН, действительный член Академии творчества, профессор, доктор физико-математических наук.

**Соколова Елена Теодоровна** — доктор психологических наук, профессор кафедры нейро-и патопсихологии факультета психологии МГУ, заслуженный профессор МГУ, практикующий психотерапевт.

**Солмс Марк** (Mark Solms) — заведующий кафедрой нейропсихологии в Кейптаунском университете в Южной Африке, директор Центра нейропсихоанализа Арнольда Пфедфера при Нью-Йоркском психоаналитическом институте. Читает лекции по нейрохирургии в Королевской лондонской школе медицины и в Медицинской школе св. Варфоломея.

**Стикс Гэри** (Gary Stix) — корреспондент журнала Scientific American.

**Трефферт Дерольд** (Darold A. Treffert) — профессор Медицинской школы университета штата Висконсин, психиатр, ведущий специалист по аутизму и синдрому одаренности (savant syndrome), консультант фильма «Человек дождя» и автор книги «Необычные люди: к пониманию синдрома одаренности» (Extraordinary People: Understanding Savant Syndrome).

**Уэйнбергер Норман** (Norman M. Weinberger) — основатель Центра нейробиологических механизмов обучения и памяти и Компьютерного архива музыкальной и научной информации. Работает на факультете нейробиологии Калифорнийского университета в Ирвайне.

**Уэнк Гэри** (Gary L. Wenk) — профессор психологии и неврологии Аризонского университета.

**Филдз Дуглас** (R. Douglas Fields) — заведующий отделением развития и пластичности нервной системы Национального института охраны здоровья ребенка и развития человека, адъюнкт-профессор Мэрилендского университета.

**Хаббард Эдвард** (Edward M. Hubbard) — окончил факультет психологии и когнитивных наук Калифорнийского университета, член-учредитель Американской ассоциации синестезии.

**Холл Стивен** (Stephen S. Hall) — писатель, автор книг о современной истории науки. Последняя из них, «Торговцы бессмертием» (Merchants of Immortality, Houghton Mifflin, 2003), посвящена стволовым клеткам и исследованиям по клонированию.

**Хоффман Хантер** (Hunter G. Hoffman) — директор Научно-исследовательского центра виртуальной аналгезии при Вашингтонском университете в Сиэтле.

**Чэпин Джон** (John K. Chapin) — профессор физиологии и фармакологии в Медицинском центре Даунстейт Университета штата Нью-Йорк.

**Эззел Кэрол** (Carol Ezzell) — писательница, редактор журнала Scientific American.

**Элджер Брэдли** (Bradley E. Alger) — профессор физиологии и психиатрии медицинской школы Мэрилендского университета, член Национальной академии наук и лауреат премии им. Генриха Виланда.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

## МОЗГ, ВОССТАНОВИ СЕБЯ

**Neurogenesis in Adult Subventricular Zone.** Arturo Alvarez-Buylla and Jose M. Garcia-Verdugo in *Journal of Neuroscience*, Vol. 22, No. 3, pages 629—634; February 1, 2002.

**Why Are Some Neurons Replaced in Adult Brains?** Fernando Nottebohm in *Journal of Neuroscience*, Vol. 22, No. 3, pages 624—628; February 1, 2002.

**Antidepressants and Neuroplasticity.** Carrol D'Sa and Ronald S. Duman in *Bipolar Disorders*, Vol. 4, No. 3, pages 183—194; June 2002.

**Neurogenesis after Ischaemic Brain Insults.** Zaal Kokaia and Olle Lindvall in *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 13, No. 1, pages 127—132; February 2003.

**Neurogenesis in the Adult Brain: New Strategies for CNS Diseases.** Dieter C. Lie et al. in *Annual Reviews of Pharmacology and Toxicology*.

## ВИАГРА ДЛЯ МОЗГА

**Memory: From Mind to Molecules.** Scientific American Library, No. 69. W. H. Freeman and Company, 1999.

Remembering and Forgetting: Sessions 3 and 4 of the President's Council of Bioethics, October 17, 2002. Available online at [www.bioethics.gov/transcripts/oct02/oct17.html](http://www.bioethics.gov/transcripts/oct02/oct17.html)

**Targeting the CREB Pathway for Memory Enhancers.** Tim Tully, Rusiko Bourtchouladze, Rod Scott and John Tallman in *Nature Reviews: Drug Discovery*, Vol. 2, No. 4, pages 267—277; April 2003.

Eric Kandel's Nobel address is available online at [www.nobel.se/medicine/laureates/2000/Kandel-lecture.html](http://www.nobel.se/medicine/laureates/2000/Kandel-lecture.html)

## ЧТЕНИЕ МЫСЛЕЙ

**Event-Related Potentials in the Detection of Deception, Malingering, and False Memories.** J.Peter Rosenfeld in *Handbook of Polygraph Testing*. Edited by Murray Kleiner. Academic Press, 2001. Предварительный текст статьи доступен по адресу [www.psych.northwestern.edu/psych/people/faculty/rosenfeld/NewFiles/P300%20and%20ERP%207-99.pdf](http://www.psych.northwestern.edu/psych/people/faculty/rosenfeld/NewFiles/P300%20and%20ERP%207-99.pdf)

**Brain Activity during Simulated Deception: An Event-Related Functional Magnetic Resonance Study.** D.D.Lenglehen, L.Schroeder, J.A.Maldjian, R.C.Gur, S.McDonald, J.D.Ragland, C.P.O'Brien and A.R.Childress in *Neuroimage*, Vol.15, No3, pages 727—732. Доступно по адресу: [www.uphs.upenn.edu/trc/conditioning/neuroimage15\\_2002.pdf](http://www.uphs.upenn.edu/trc/conditioning/neuroimage15_2002.pdf)

**The Polygraph and Lie Detection.** Board on Behavioral, Cognitive, and Sensory Sciences and Education (BCSSE), Committee on National Statistics (CNSTAT). National Academies Press, 2003. Доступно по адресу [www.nap.edu/books/0309084369/html](http://www.nap.edu/books/0309084369/html)

Интернет-сайт Лаборатории Марсея Джаста в Центре когнитивного картирования мозга Университета Карнеги-Меллона. [http://coglab.psy.cmu.edu/index\\_main.html](http://coglab.psy.cmu.edu/index_main.html)

## ДРУГАЯ ЧАСТЬ МОЗГА

**Driving Mr. Albert: A Trip across America with Einstein's Brain.** Michael Paterniti. Delta, 2001.

**New Insights into NeuronGlia Communication.** R. D. Fields and B. StevensGraham in *Science*, Vol. 298, pages 556—562; October 18, 2002.

**Adenosine: A NeuronGlia Transmitter Promoting Myelination in the CNS in Response to Action Potentials.** B. Stevens, S. Porta, L. L. Haak,

V. Gallo, and R. D. Fields in *Neuron*, Vol. 36, No. 5, pages 855—868; December 5, 2002.

**Astrocytic Connectivity in the Hippocampus.** JaiYoon Sul, George Orosz, Richard S. Givens, and Philip G. Haydon in *Neuron Glia Biology*, Vol.1, pages 3—11; 2004.

Also see the journal *Neuron Glia Biology*: [www.journals.cambridge.org/jid-NGB](http://www.journals.cambridge.org/jid-NGB).

## ЭТОТ ЗАГАДОЧНЫЙ МОЗЖЕЧОК

**The Role of the Cerebellum in Motor Control and Perception.** Michael G. Paulin in *Brain Behavior and Evolution*, Vol. 41, pages 39—50; February 1993.

**The Cerebellum and Cognition.** Edited by Jeremy D. Schmahmann. Academic Press, 1997.

**Cerebellar Contributions to Cognition and Imagery.** Richard B. Ivry and Julie A. Fiez in *New Cognitive Neurosciences*. Edited by Michael S. Gazzaniga. MIT Press, 2000.

**The Cerebellum: Recent Developments in Cerebellar Research.** Edited by Stephen M. Highstein and W. Thomas Thatch. New York Academy of Sciences, 2002.

## МОЗГ И СОЗНАНИЕ

Иваницкий А.М., Стрелец В.Б. и Корсаков И.А. **Информационные процессы мозга и психическая деятельность.** М.: Наука, 1984.

Иваницкий А.М. **Главная загадка природы: как на основе процессов мозга возникают субъективные переживания** // Психологический журнал. 1999. Т. 20. В. 3. С. 93—104.

Ливанов М.Н. **Пространственная организация процессов головного мозга.** М.: Наука, 1972.

Пенроуз Р. **Тени разума. В поисках науки о сознании. Часть 1. Понимание разума и новая физика.** М., Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2003. 368 с.

Симонов П.В. **Лекции о работе головного мозга. Потребностно-информационная теория высшей нервной деятельности.** М.: Наука, 2001.

Edelman G.M., Tononi G. **Consciousness. How matter becomes imagination.** London. Penguin Books. 2000.

Ivanitsky A.M., Nikolaev A.R. & Ivanitsky G.A. **Cortical connectivity during word association search** // *Int. J. Psychophysiol.* 2001. Vol. 42. No 1. P. 35—53.

Mishkin M., Suzuki W. & Gadian D.G., **Varha-Khadem F. Hierarchical organization of cognitive memory** // *Phi. Trans. R. Soc. Lond. B.* 1997. V. 352. P. 1461—1467.

Posner M.I., Raichle M.E., 1997. **Images of Mind.** New York: Scientific American Library. 1997.

## УСПЕХИ КОГНИТИВНЫХ НАУК

Величковский Б. М. и Шмидт К.-Д. (1977). **Долговременная перцептивная память.** Вестник МГУ (Серия 14: Психология), 1, 17—26.

Leibowitz H. W. (1996). **The symbiosis between basic and applied research.** *American Psychologist*, 51(4), 366—370.

Velichkovsky B. M., Pomplun M. & Rieser H. (1996). **Attention and communication: Eye-movement-based research paradigms.** In W. H. Zangemeister, S. Stiel & C. Freksa (Eds.), *Visual attention and cognition.* Amsterdam/New York: Elsevier Science Publisher.

Velichkovsky B. M., Rothert A., Kopf M., Dornhoefer S. M., & Joos M. (2002). **Towards an express diagnostics for level of processing and hazard perception.** *Transportation Research, Part F*, 5 (2), 145—156.

## МИФОЛОГИЯ САМООЦЕНКИ

**The Social Importance of Selfesteem.** Edited by Andrew M. Mecca, Neil J. Smelser and John Vasconcellos. University of California Press, 1989.

**Violent Pride.** Roy F. Baumeister in *Scientific American*, Vol. 284, No. 4, pages 82-87; April 2001.

**Does High SelfEsteem Cause Better Performance, Interpersonal Success, Happiness, or Healthier Lifestyles?** Roy F. Baumeister, Jennifer D. Campbell, Joachim I. Krueger and Kathleen D. Vohs in *Psychological Science in the Public Interest*, Vol. 4, No. 1, pages 1—44; May 2003.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ИНФОРМАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА, ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. **Синергетика и прогнозы будущего**. М.: Наука, 1997. В 2002 г. эти исследования были отмечены премией правительства РФ.

Капица С.П. **Общая теория роста человечества**. М.: Наука, 1999. (См. также журнальные статьи С.П. Капицы: **Модель глобального роста населения и экономическое развитие человечества** // Вопросы экономики, №12, 2000; **Глобальная демографическая революция и будущее человечества** // Новая и новейшая история, №4, 2004; **Об ускорении исторического времени** // Новая и новейшая история, №6, 2004; **Демографическая революция и будущее человечества** // «В мире науки», №4, 2004; **Глобальная демографическая революция** // Международная жизнь, №11, 2005; **Историческое время, информация, демографическая революция и будущее человечества** // Общественные науки и современность, №4, 2006).

Kapitza S. P. **Global population blow up and after. The demographic revolution and information society**. A Report to the Club of Rome. М.: Nauka, 2004.

Kapitza S. P. **The statistical theory of global population growth** // Formal description of evolving systems. Eds. J. Nation et al., lower Academic Publishers, pp.11—35, 2003

**Демографическая модернизация России, 1900—2000** / Под ред. А.Г. Вишневого. М.: АСТ, 2005.

Бьюкенен П. Дж. **Смерть Запада. Чем вымирание населения и усиление иммиграции угрожает нашей стране и цивилизации**. Пер. с англ. М.: АСТ, 2004.

**Culture matters. How values shape human progress**. Eds. L.E. Harrison and S.P. Huntington. NY: Basic Books, 2000.

Сен А. **Развитие как свобода**. Пер. с англ. М.: Новое издательство, 2004.

**К обществам знания. Всемирный доклад ЮНЕСКО**. Предисловие К. Мацуура. ЮНЕСКО, Париж, 2005.

### ВЗРОСЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

**How Many People Can the Earth Support?** Joel Kohen, W.W. Norton, 1995.

**A Concise History of World Population: An Introduction to Population Processes**. Third revised edition, Massimo LiviBacci. Blackwell Publishers, 2001.

**Demography: Measuring and Modeling Population Processes**. Samuel H. Preston, Patrick Heuveline and Michel Guillot. Blackwell Publishers, 2001.

Вебсайт Отдела народонаселения Секретариата ООН: [www.un.org/esa/population/unpop.htm](http://www.un.org/esa/population/unpop.htm)

Справочное управление по вопросам народонаселения: [www.prb.org](http://www.prb.org)

## АВТОРЫ КАРТИН, ИЛЛЮСТРИРУЮЩИХ СБОРНИК

Артур Рэкхем

Густав Климт

Карл Брюллов

Кузьма Петров-Водкин

Леонардо да Винчи

Марсель Дюшан

Микеланджело Буонаротти

Нико Пиросмани

Пабло Пикассо

Питер Брейгель

Ремедиос Варо

Сальвадор Дали

Уильям Блейк

Фрида Кало

Эгон Шиле



## Журналу Scientific American – 160 лет

На заре своего существования *Scientific American* выглядел более чем скромно. В 1845 г. художник и изобретатель Руфус Портер начал издавать еженедельную листовку. Дедушка *Scientific American* носил длинное название *The Advocate of Industry and Enterprise, and Journal of Mechanical and Other Improvements* и был посвящен в основном событиям в области промышленности и предпринимательства и отчасти изобретениям. Однако менее чем через год Портеру наскучила издательская деятельность, и он продал свое детище Орсону Мунну и Альфреду Бичу за \$800.

Журнал начал стремительно развиваться и занял важное место в жизни научного сообщества. Так, он способствовал созданию филиала Патентного агентства США (1850 г.), которое консультировало изобретателей и обеспечивало им техническую поддержку. К началу XX в. более 100 тыс. изобретений были запатентованы благодаря *Scientific American*.

Тогда, на пороге промышленной революции, когда основным средством передвижения еще оставалась лошадь, а главным методом лечения — кровопускание, каждое техническое изобретение воспринималось как откровение. Казалось, что человечество вот-вот вступит в новую эру невиданных возможностей и прорывов. Столетиями цивилизация развивалась крайне медленно. Несмотря на великие открытия Кеплера и Ньютона (XVI–XVII вв.), вопреки интеллектуальному подвигу

энциклопедистов XIII в., достижения научной мысли практически не оказывали влияния на повседневную жизнь миллионов людей. Поэтому когда аккумулируемый годами научный потенциал многих поколений ученых стал приносить зримые плоды, воплотившиеся в чудо-машины, аудитория журнала была в восторге. Сотрудники *Scientific American* увлеклись новыми технологиями не меньше своих читателей. Так, в 1899 г. появилась публикация, посвященная велосипедам и автомобилям: журналисты с восхищением сообщали о новом мировом рекорде, установленном Генри Фордом на льду озера Сент-Клер в Мичигане.

Журнал с интересом следил за открытиями и достижениями и тем самым приобрел уважение и доверие среди исследователей и изобретателей. На страницах *Scientific American* появлялись публикации о бессемеровском процессе преобразования чугуна в сталь, телефоне, лампе накаливания и т.д.

Между тем издание стремилось информировать своих читателей о последних тенденциях научной мысли раньше, чем сами открытия станут достоянием общественности. Так, фотографии самолета братьев Райт появились на страницах журнала за два года до их удачного полета в местечке Китти Хок в Северной Калифорнии. В 1921 г. Роберт Годдард, один из пионеров космонавтики, опубликовал в *Scientific American* статью о конструировании ракеты, которая

будет способна покрыть «межпланетные расстояния».

В 1948 г. издание, много лет принадлежавшее корпорации *Munn & Co.*, приобрели Джеральд Пил, Деннис Фленнеган и Дональд Миллер, которые и создали собственно *Scientific American, Inc.* Так была открыта следующая страница истории журнала — к работе редакции стали привлекаться сами ученые, авторы научных разработок и открытий. До сих пор ни один журнал не делал ничего подобного. Отныне читатели получили возможность узнавать информацию не только первыми, но и из первых рук.

В наши дни издание по-прежнему остается в авангарде мировой научной мысли. Спутниковая связь, трансплантология, нейтрализация мозга, разработка вакцин и новейших лекарственных препаратов, уникальные археологические находки и антропологические исследования, полеты в космос и погружения в бездны океана, скрытая от посторонних глаз жизнь галактик и молекул, чудесные возможности микрочипов и тайны подсознания — все это находит отражение на страницах журнала.

Авторами материалов SA в разное время стали более 120 лауреатов Нобелевской премии, причем многие из них опубликовали результаты своих исследований задолго до присуждения им награды. *Scientific American* пользовался уважением таких столпов мировой науки, как А. Эйнштейн, Ф. Крик, Д. Салк, Л. Паулинг.

Листая страницы журнала, читатели видят, как самые дерзкие замыслы сегодня становятся явью, завтра прочно входят в повседневную жизнь, а послезавтра вызывают лишь снисходительную улыбку. И новые поколения исследователей и изобретателей рисуют на страницах журнала блистательные и фантазмагорические картины будущего, которое скоро станет настоящим.

В наше время, в эпоху высоких технологий и скоростей, мир стремительно движется вперед, и *Scientific American* старается не только не отставать, но и опережать события, отмечая тенденции развития научной мысли. Каким будет мир завтра? Постоянные читатели уже могут составить себе некоторое представление об этом и даже попытаться вместе с авторами ответить на самые важные вопросы о грядущем — от самых серьезных до самых наивных. На чем будут ездить через 100 лет? Удастся ли продлить человеческую жизнь? Каким предстанет общество будущего?

В 1986 г. журнал в очередной раз сменил владельца — им стал основатель немецкой редакции

*Verlagsgruppe* Георг фон Хольцбринк. Сегодня издание возглавляет седьмой по счету редактор Джон Ренни, в 2002 г. получивший премию *Sagan* за популяризацию науки.

Одной из проблем и парадоксов нынешней эпохи является то, что, живя в едином информационном пространстве, интеллектуалы часто имеют ограниченный доступ к грамотной, полноценной, квалифицированной и дифференцированной научной информации. Читателям предлагается либо множество популярных журналов, где интересные сведения перемежаются с псевдонаучными, либо сугубо научные профессиональные и узкоспециализированные издания, доступные пониманию лишь специалистов. *Scientific American* пытается восполнить пробел — сотрудники журнала стремятся к тому, чтобы самые сложные проблемы излагались доступным языком. Студенты и преподаватели, специалисты разных направлений и просто те, кто интересуется наукой, получают возможность познакомиться с трудами современных исследователей.

Подобно тому, как сама наука постоянно совершенствуется, *Scientific American* также растет и развивается. Сегодня его читают в разных уголках мира на 15 языках, совокупный тираж превышает 1 млн. экземпляров. Причем национальные издания, будь то французское, польское или русское, имеют возможность знакомить свою аудиторию не только с событиями на мировой научной арене, но и с местными открытиями и разработками.

*Scientific American* — одно из наиболее авторитетных научных изданий с момента своего создания отличающееся скупозеленым подходом к материалу и стремлением к расширению кругозора. Журнал открыт для любой новой, интересной и, что важно, достоверной информации.



SCIENTIFIC AMERICAN  
«В МИРЕ НАУКИ»

# МОЗГ И СОЗНАНИЕ

АЛЬМАНАХ

Руководитель проекта,  
главный редактор журнала «В мире науки»  
**Сергей Петрович Капица**

Научный консультант *Андрей Петрухин*  
Редакторы-составители *Валентина Катаева*  
*Варвара Ардаматская*  
Научный редактор *Владимир Свечников*  
Дизайн и верстка *Любовь Рочева*  
Корректор *Мария Янушкевич*

**ЗАО «В мире науки»**  
Москва, ул. Радио, д. 22, офис 408, 409  
Телефон: (495) 727-35-30, тел./факс (495) 105-03-72  
e-mail: [edit@sciam.ru](mailto:edit@sciam.ru); [www.sciam.ru](http://www.sciam.ru)